ORTAÖĞRETİM

FEN LİSESİ

KİMYA

12

DERS KİTABI

Yazarlar

Kevser ÇETİN
Mahmut Kerem BOZTEPE
Nurten KULE



DEVLET KİTAPLARI
İKİNCİ BASKI
........................., 2019

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI ....: 6735
DERS KİTAPLARI DİZİSİ ....: 1776

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Kitabın metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

HAZIRLAYANLAR

Doç. Dr. Vedia Nüket TİRTOM
Editör

Murat AKTÜRK
Dil Uzmanı

Hasan ÜSTÜN
Rehberlik ve Gelişim Uzmanı

Cenk Özgür BAŞKAYA
Görsel-Grafik Tasarım Uzmanı

ISBN 978-975-11-4613-7

Millî Eğitim Bakanlığı, Talim ve Terbiye Kurulunun 28.05.2018 gün ve 78 sayılı kararı ile ders kitabı olarak kabul edilmiş, Destek Hizmetleri Genel Müdürlüğünün 28.05.2019 gün ve 10443977 sayılı yazısı ile ikinci defa 51.452 adet basılmıştır.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

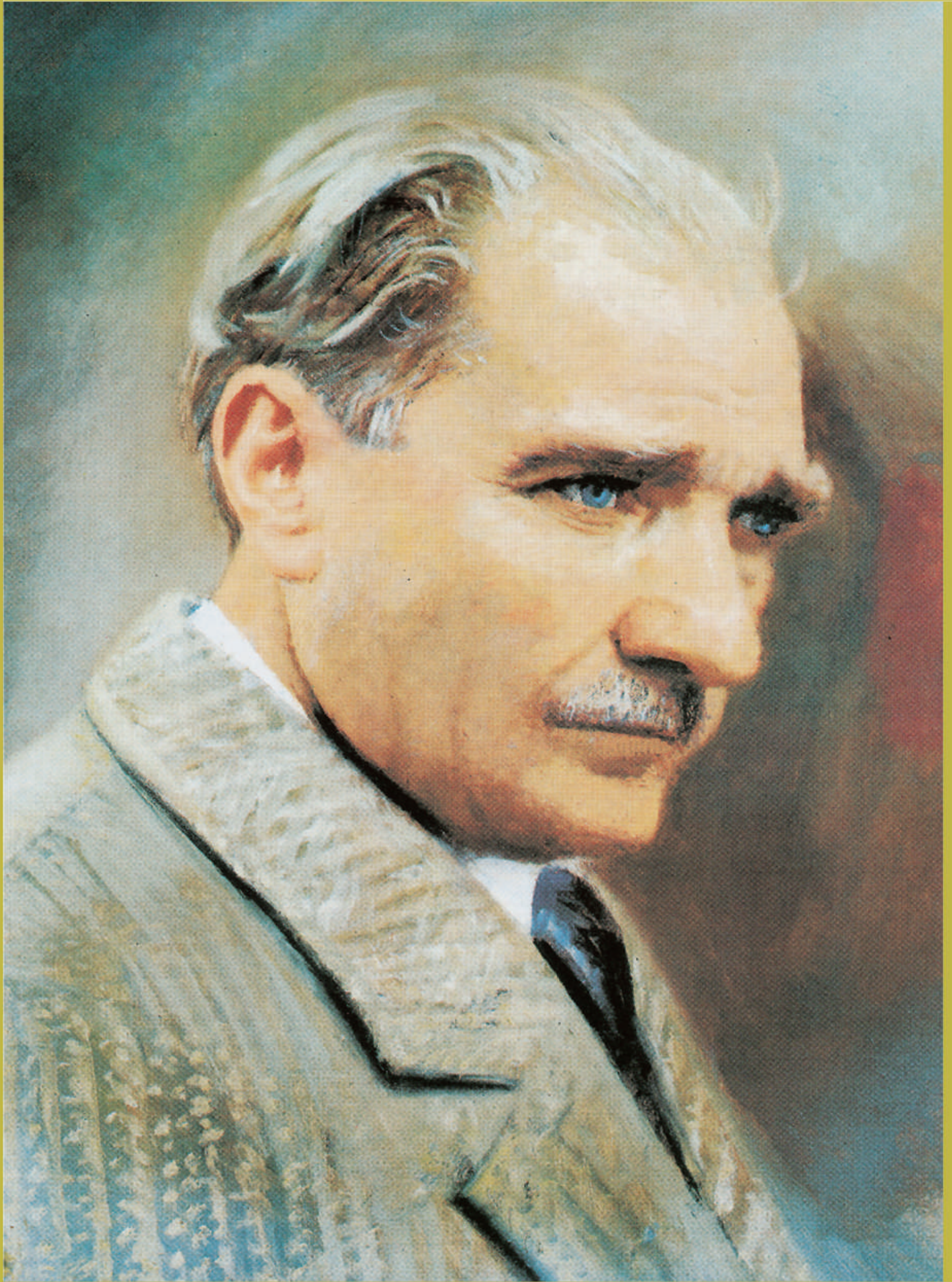
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

3. ÜNİTE

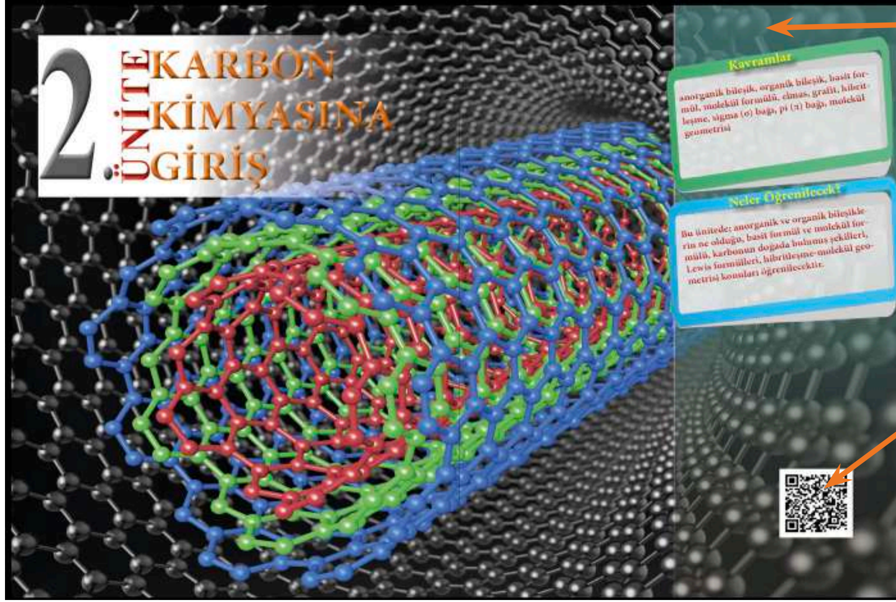
ORGANİK BİLEŞİKLER 114

4. ÜNİTE

ENERJİ KAYNAKLARI VE BİLİMSEL GELİŞMELER 194

EKLER

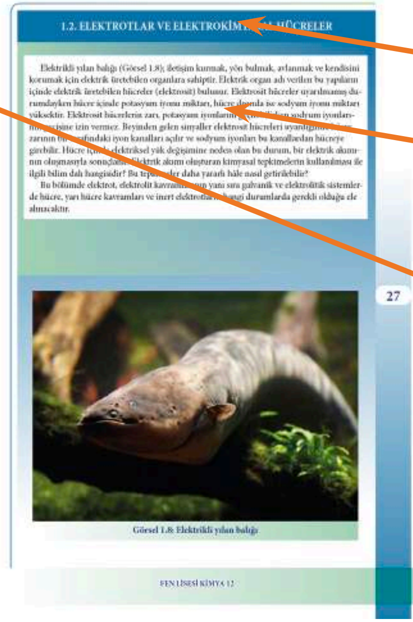
Ünite başlangıcı



Etkileşimli içerik bağlantısı (Karekod)



Görsel 1.7: İstemsiz ve istemli olaylar



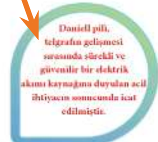
Görsel 1.8: Elektrikli yılan balığı

Konu başlangıcı

Konu anlatımı

Konu başlığı

Bilgi, hatırlatma ve uyarı kutusu



Okuma metni



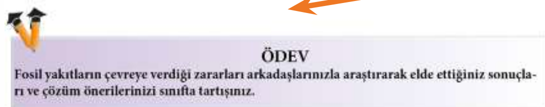
Ölçme ve değerlendirme

Deney





Ödev



GÜVENLİK İŞARETLERİ

ISI GÜVENLİĞİ Yapılacak işlemde çok sıcak bir yüzeyin veya ısıtıcının olduğunu gösterir. El, ayak ve diğer organların yanmaması için ısıya dayanıklı kıyafet kullanılmalıdır.	**ELEKTRİK UYARISI** Yapılacak işlemlerde elektriğin şehir hattından kullanılması gerektiğini ve güç kaynağı kullanılırken iletken kısımlara dokunmanın tehlikeli olacağını belirtir.
GÖZ GÜVENLİĞİ Deneye başlamadan önce gözlük takmak gerektiğini belirtir. Gözlüksüz çalışılması göz sağlığı için zararlıdır.	**ÇEVREYE ZARARLI (EKOTOKSİK) MADDE** Suya ve doğadaki canlılara zarar verici bir madde olduğunu belirtir. Bu maddeler su ve doğaya kontrolsüz atılmamalıdır.
ELBİSE GÜVENLİĞİ Laboratuvar deneylerinde kullanılan malzemeler elbiselere sıçrayıp onları aşındırabileceğinden önlük veya tulum kullanılmasının uygun olacağını gösterir.	**KOROZİF (AŞINDIRICI) MADDE** Metalleri ve canlı dokuları aşındırabilen madde olduğunu gösterir. Bu maddeler deriye ve göze hasar verebilir. Göz ve deriyi korumak için önlemler alınmalıdır.
KESİCİ/DELİCİ CİSİM UYARISI Yapılacak işlemlerde kesici/delici gereçlerin kullanıldığını ve bunların işlemler sırasında yaralanmalara yol açabileceğini belirtir.	**TOKSİK (ZEHİRLİ) MADDE** Zehirlenmelere neden olan ve kanserojen etki yapabilen maddeyi belirtir. Bu maddeler vücut ile temas ettirilmemelidir. Zehirlenme belirtileri görüldüğünde tıbbi yardım alınmalıdır.
SICAK CİSİM UYARISI Yapılacak işlemde bir ısıtıcının ya da sıcak bir yüzeyin olduğunu gösterir. El, ayak ve diğer organların yanmaması için özen gösterilmelidir.	**RADYOAKTİF MADDE** Radyasyona neden olan maddeleri ifade eder. Canlı dokularına kalıcı hasar vererek kanserojen etki yapar. Bu işaretin bulunduğu yerlerden uzak durulmalıdır.
KIRILABİLİR CAM UYARISI Cam malzemelerin kırılabileceğini gösterir. Cam malzemelerin aşırı ısıtılmaması ve ani sıcaklık değişimlerine maruz kalmaması sağlanmalıdır.	**OKSİTLEYİCİ, YAKICI MADDE** Havasız ortamda bile yanabilen maddeleri ifade eder.Yanabilen maddelerle karıştırılırsa patlayabilir. Tutuşturucularla teması önlenmelidir.
YANGIN UYARISI Yapılacak işlemlerde yangın çıkmaması için gerekli önlemlerin alınması gerektiğini ifade eder.	**PATLAYICI MADDE** Kıvılcım, ısınma, alev, vurma, çarpma ve sürtünmeye maruz kaldığında patlayabilen maddeleri belirtir. Ateş, kıvılcım ve ısıdan uzak tutulmalıdır.
SAĞLIĞA ZARARLI MADDE Yutulduğunda ya da hava yoluyla alındığında organlara zarar veren maddeyi ifade eder.	**TAHRİŞ EDİCİ MADDE** Alerjik deri reaksiyonlarına neden olan maddeleri belirtir. Ozon tabakasına zarar verebilir. Vücuda ve göze temasından kaçınılmalıdır. Koruyucu giysi giyilmelidir.

1. ÜNİTE KİMYA VE ELEKTRİK

Anahtar Kavramlar

Anot, Elektrik yükü, Elektrolit, Elektrolitik hücre, Elektroliz, Elektrot, Faraday sabiti, Galvanik hücre, İndirgenme, Katodik koruma, Katot, Korozyon, Metal kaplamacılık, Metallerin aktiflik sırası, Redoks, Standart elektrot potansiyeli, Tuz köprüsü, Yarı hücre, Yükseltgenme

Neler Öğrenilecek?

Bu ünitede indirgenme-yükseltgenme tepkimeleriyle elektrik akımı arasındaki ilişki, elektrot ve elektrokimyasal hücre kavramları, elektrot potansiyelinin ne olduğu, kimyasallardan elektriğin nasıl üretildiği, elektroliz olayı, korozyon ve korozyondan korunma yöntemleri öğrenilecektir.

Hazırlık Soruları

* Bir tepkimede enerji hangi şekillerde açığa çıkabilir?
* Elektrik enerjisinin taşınabilirliği mümkün müdür?
* Altının değerli bir metal olmasının sebebi ne olabilir?



1.1. İNDİRGENME-YÜKSELTGENME TEPKİMELERİNDE ELEKTRİK AKIMI

Meyve ve sebzelerde kabuk soyma, kesme ve dilimleme gibi işlemlerden sonra renk değişiklikleri olur. Parçalanma sonucunda açığa çıkan hücre öz suyundaki bazı maddeler, havadaki oksijen ve bitkideki enzimlerle tepkime dizisine girer. Bu tepkime sonucunda melanin denen molekül oluşur. Bu molekül, insanlarda ve hayvanlarda deriye ve tüylere renk veren pigmenttir ancak bu pigmentin bitkilerdeki görevi farklıdır. Melanin, bitki yüzeyinde bariyer oluşturur. Bu bariyer, bitki dokusunun bozulmasını engelleyen antimikrobiyal özelliğe sahiptir. Örneğin bir elma ortadan ikiye bölündüğünde elmanın hücreleri melanin üretir. Bu da elmaya kahverengi bir görünüm kazandırır (Görsel 1.1). Bu olay indirgenme-yükseltgenme tepkimeleri sayesinde meydana gelir.

Bu konuda indirgenme-yükseltgenme tepkimeleri ve bu tepkimelerle elektrik arasındaki ilişki ele alınacaktır.

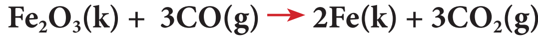


Görsel 1.1: İkiye bölünmüş elmanın melanin oluşturması

1.1.1. İndirgenme-Yükseltgenme Tepkimeleri

Tepkimeye giren maddelerin birbirine elektron verdiği kimyasal tepkimelere **indirgenme-yükseltgenme** veya **redoks tepkimeleri** denir.

Redoks tepkimeleri, sanayide ve günlük hayatta sıklıkla karşılaşılan tepkime türleridir. Metal filizlerinden metal üretimi redoks tepkimesidir. Örneğin Fe_2O_3 (hematit), bir demir filizidir ve karbon (C) ile yüksek sıcaklıklara kadar ısıtıldığında metalik demir (Fe) elde edilir (Görsel 1.2). Bu tepkimede karbon yüksek sıcaklıklarda ısıtıldığında önce CO bileşiğine dönüşür, daha sonra Fe_2O_3 bileşiği ile tepkimeye girer. Bu tepkimenin denklemi şu şekildedir:



$$Fe_2O_3(k) + 3CO(g) \rightarrow 2Fe(k) + 3CO_2(g)$$

Her türlü yanma tepkimesi, asitlerin metallerle verdiği tepkimeler, saç beyazlaması, fotosentez ve solunum gibi olaylar da birer redoks tepkimesidir.



Görsel 1.2: Demir üretimi

1.1.2. Redoks Tepkimelerinin Tanınması

Redoks tepkimelerinin tanınması için yükseltgenme basamakları kullanılır. Bir bileşikteki herhangi bir atomun yük değeri, yükseltgenme basamağı (değerliği) olarak tanımlanır. Bir tepkimenin redoks tepkimesi olup olmadığının anlaşılabilmesi için tepkimedeki her bir elementin yükseltgenme basamağına bakılır. Elementlerin yükseltgenme basamakları değişiyorsa tepkime redoks tepkimesidir.

Yükseltgenme basamaklarını belirlemek için şu özellikler dikkate alınır:

1. Serbest hâlde bulunan element atomlarının (Fe, Cu, Zn…) ve element moleküllerinin (H_2, N_2, O_2…) yükseltgenme basamağı sıfırdır.
2. Bileşiklerde metaller pozitif yükseltgenme basamağına sahiptir. 1A grubu metalleri her zaman +1 (Na^+, K^+…), 2A grubu metalleri her zaman +2 (Mg^{2+}, Ca^{2+}…) yükseltgenme basamağındadır.
3. Bileşiklerde oksijenin yükseltgenme basamağı genellikle -2'dir. Peroksit bileşiklerinde -1 (H_2O_2, Na_2O_2, CaO_2 …), OF_2 bileşiğinde ise +2'dir.
4. Hidrojenin yükseltgenme basamağı genellikle +1'dir. Hidrojen sadece metallerle yaptığı hidrür bileşiklerinde -1 yükseltgenme basamağına sahiptir (CaH_2, LiH, AlH_3 …).

Bir Hatırlatma

Bir atomun bileşik yaparken aldığı, verdiği ya da bağ yapmak için kullandığı elektron sayısına yükseltgenme basamağı denir.

Dikkat!

Redüksiyon: İndirgenme
Oksidasyon: Yükseltgenme
Redoks:
İndirgenme-yükseltgenme

5. Halojenlerin metallerle oluşturduğu bileşiklerde yükseltgenme basamağı -1 iken oksijenli bileşiklerde yükseltgenme basamağı +1 ile +7 arasında olabilir. Örneğin KCl, KClO, $KClO_2$, $KClO_3$ bileşiklerinde klorun (Cl) yükseltgenme basamağı sırasıyla -1, +1, +3, +5'tir. Flor ise bileşiklerinde daima -1 yükseltgenme basamağına sahiptir.
6. Bileşikler elektriksel bakımdan nötral olduğundan bir bileşikteki atomların yükseltgenme basamaklarının toplamı sıfırdır. Bu bilgiden ve sabit değerlikli elementlerden faydalanarak değerliği bilinmeyen bir elementin bileşikteki yükseltgenme basamağı hesaplanabilir.
7. Köklerdeki (çok atomlu iyon) yükseltgenme basamağı toplam iyon yüküne eşittir.

Örnek

HNO_3 bileşiğindeki azotun yükseltgenme basamağını bulunuz.

Çözüm

H + N + 3(O) = 0
(+1) + N + 3(-2) = 0
N= +5

Örnek

MnO_4^- iyonundaki manganın yükseltgenme basamağını bulunuz.

Çözüm

Mn + 4(O) = -1
Mn + 4(-2) = -1
Mn = +7

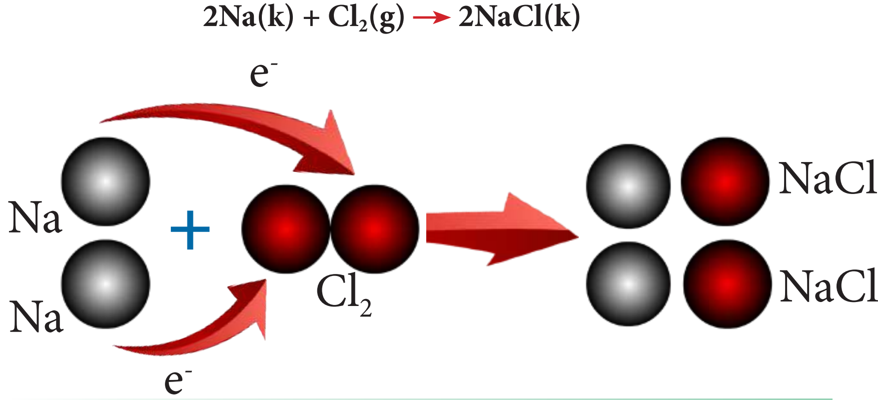
Alıştırma

Aşağıdaki altı çizili atomların yükseltgenme basamaklarını bulunuz.

a) $\underline{P}_4$
b) $K\underline{Mn}O_4$
c) $Na\underline{Br}O_3$
ç) $H_2\underline{C}_2O_4$
d) $\underline{N}H_4\underline{N}O_3$
e) $\underline{Si}O_4^{4-}$
f) $\underline{Se}O_3$
g) $\underline{S}O_4^{2-}$
ğ) $\underline{Cu}_2S$

Bir redoks tepkimesinde elektron verme **yükseltgenme**, elektron alma ise **indirgenme** olarak tanımlanır. Örneğin metalik sodyum (Na) ve klor gazının tepkimesi sonucunda sodyum klorür (NaCl) oluşması bir redoks tepkimesidir (Görsel 1.3).

$$2Na(k) + Cl_2(g) \rightarrow 2NaCl(k)$$



Görsel 1.3: NaCl oluşumunun şematik gösterimi

Bu tepkimede her bir sodyum (Na) atomu birer elektronunu klor atomlarına verir. Elektron kaybeden sodyum atomları sodyum iyonuna (Na^+) yükseltgenirken elektron kazanan klor atomları klor iyonuna (Cl^-) indirgenir (Tablo 1.1).

Tablo 1.1: NaCl bileşiği oluşurken sodyum ve klor atomlarının yükseltgenme ve indirgenmesi

$Na^0 \rightarrow Na^+ + e^-$	$Cl_2^0 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$
Elektron verdi.	Elektron aldı.
Yükseltgenme basamağı arttı.	Yükseltgenme basamağı azaldı.
Kendisi yükseltgendi.	Kendisi indirgendi.
Karşısındakini indirgedi.	Karşısındakini yükseltgedi.

Örnek

$Mg(k) + 2H_2O(s) \rightarrow Mg(OH)_2(suda) + H_2(g)$ tepkimesinin redoks tepkimesi olup olmadığını bulunuz.

Çözüm

Öncelikle tepkimenin girenlerinde ve ürünlerinde bulunan her bir elementin yükseltgenme basamağı bulunur.



$$\overset{0}{Mg}(k) + 2\overset{+}{H_2}\overset{2-}{O}(s) \rightarrow \overset{2+}{Mg}(\overset{2-}{O}\overset{+}{H})_2(suda) + \overset{0}{H_2}(g)$$

Elementlerin yükseltgenme basamakları tespit edildiğinde magnezyum (Mg) elementinin yükseltgenme basamağının 0'dan +2'ye yükseldiği, hidrojen (H) elementinin yükseltgenme basamağının +1'den 0'a düştüğü görülür. Bu tepkimede Mg ve H atomları arasında elektron alışverişi olmuştur. Bu nedenle söz konusu tepkime bir redoks tepkimesidir.

1.1.3. Yükseltgen ve İndirgen Madde

Bir redoks tepkimesinde yükseltgenmeye sebep olan türlere **yükseltgen madde** denir. Yükseltgen maddenin kendisi indirgenir. Başka bir ifade ile redoks tepkimelerinde elektron alan madde yükseltgendir. Kimyada yaygın yükseltgen maddelere **O_2, $KMnO_4$, H_2SO_4, HNO_3, H_2O_2** örnek verilebilir.



$$2\overset{0}{Sb} + 2HNO_3 \rightarrow \overset{3+}{Sb_2}O_3 + 2NO + H_2O$$

Yukarıdaki tepkimede HNO_3 antimondan (Sb) elektron alarak onun yükseltgenmesine neden olmuştur. HNO_3 yükseltgendir.

Redoks tepkimelerinde indirgenmeye sebep olan türlere **indirgen madde** denir. İndirgen maddenin kendisi yükseltgenir. Başka bir ifade ile redoks tepkimelerinde elektron veren madde indirgendir. Kimyada yaygın indirgen maddelere **H_2, SO_2** örnek verilebilir.



$$2\overset{4+}{N}O_2 + 7H_2 \rightarrow 2\overset{3-}{N}H_3 + 4H_2O$$

Yukarıdaki tepkimede H_2 azota elektron vererek onun indirgenmesine neden olmuştur. H_2 indirgendir.

Alıştırma

Aşağıdaki tepkimelerin redoks tepkimesi olup olmadığını bulunuz. Redoks tepkimesi olanların yükseltgen ve indirgenlerini belirleyiniz.

a) $2Pb(NO_3)_2(k) \rightarrow 2PbO(k) + 4NO_2(g) + O_2(g)$
b) $(NH_4)_2SO_4(suda) + Ba(NO_3)_2(suda) \rightarrow BaSO_4(k) + 2NH_4NO_3(suda)$
c) $4Al(k) + 3O_2(g) \rightarrow 2Al_2O_3(k)$
ç) $CaO(k) + CO_2(g) \rightarrow CaCO_3(k)$
d) $2NH_3(g) \rightarrow N_2(g) + 3H_2(g)$

1.1.4. Redoks Tepkimelerinin Denkleştirilmesi

Redoks tepkimeleri denkleştirilirken öncelikle tepkimenin her iki tarafındaki atom sayısı, alınan-verilen elektron sayısı ile tepkimeye giren maddelerin ve ürünlerin yük toplamı kontrol edilir.

Atom ve elektron sayılarının denkleştirilmesi durumunda yük denkliği de kendiliğinden sağlanır. İyon içermeyen redoks tepkimeleri denkleştirilirken genellikle **yarı tepkime yöntemi** kullanılır. Bu yöntemle redoks tepkimesi denkleştirilirken şu adımlar izlenmelidir:

1. Yükseltgenme basamağı değişen türler belirlenerek yükseltgenen ve indirgenen maddeler bulunur.
2. Yükseltgenme ve indirgenme yarı tepkimeleri ayrı ayrı yazılır.
3. Her iki yarı tepkimede alınan, verilen elektron ve atom sayıları eşitlenir.
4. Her iki yarı tepkime toplanarak yük denkliği sağlanır.
5. H ve O atom sayıları eşitlenir.

Dikkat!

Hidrojen ve oksijen, tepkimelerde genellikle en son adımda denkleştirilir.

Örnek

$HNO_3 + H_2S \rightarrow NO + S + H_2O$ redoks tepkimesini denkleştiriniz.

Çözüm

1. Tepkimedeki elementlerin yükseltgenme basamağı belirlenir.



$$\overset{+}{H}\overset{5+}{N}\overset{2-}{O_3} + \overset{+}{H_2}\overset{2-}{S} \rightarrow \overset{2+}{N}\overset{2-}{O} + \overset{0}{S} + \overset{+}{H_2}\overset{2-}{O}$$

2. Yükseltgenme yarı tepkimesi:



$$H_2\overset{2-}{S} \rightarrow \overset{0}{S} + 2e^-$$

İndirgenme yarı tepkimesi:



$$3e^- + H\overset{5+}{N}O_3 \rightarrow \overset{2+}{N}O$$

3. Alınan ve verilen elektronları en küçük tam sayılarla eşitlemek için yarı tepkimeler uygun katsayılarla çarpılır.



$$3[H_2S \rightarrow S + 2e^-]$$



$$2[3e^- + HNO_3 \rightarrow NO]$$

4. Yarı tepkimeler toplanır.



$$3H_2S \rightarrow 3S + \cancel{6e^-}$$



$$\cancel{6e^-} + 2HNO_3 \rightarrow 2NO$$



$$2HNO_3 + 3H_2S \rightarrow 2NO + 3S$$

5. O ve H atomları eşitlenerek denkleştirme tamamlanır.



$$2HNO_3 + 3H_2S \rightarrow 2NO + 3S + 4H_2O$$

Örnek

$H_3AsO_3 + HMnO_4 \rightarrow H_3AsO_4 + MnO + H_2O$ redoks tepkimesini denkleştiriniz.

Çözüm

1. Tepkimedeki elementlerin yükseltgenme basamağı belirlenir.



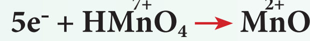
$$\overset{+}{H_3}\overset{3+}{As}\overset{2-}{O_3} + \overset{+}{H}\overset{7+}{Mn}\overset{2-}{O_4} \rightarrow \overset{+}{H_3}\overset{5+}{As}\overset{2-}{O_4} + \overset{2+}{Mn}\overset{2-}{O} + \overset{+}{H_2}\overset{2-}{O}$$

2. Yükseltgenme yarı tepkimesi:



$$H_3\overset{3+}{As}O_3 \rightarrow H_3\overset{5+}{As}O_4 + 2e^-$$

İndirgenme yarı tepkimesi:



$$5e^- + H\overset{7+}{Mn}O_4 \rightarrow \overset{2+}{Mn}O$$

3. Alınan ve verilen elektronları en küçük tam sayılarla eşitlemek için yarı tepkimeler uygun katsayılarla çarpılır.



$$5[(H_3AsO_3 \rightarrow H_3AsO_4 + 2e^-]$$



$$2[5e^- + HMnO_4 \rightarrow MnO]$$

4. Yarı tepkimeler toplanır.



$$5H_3AsO_3 \rightarrow 5H_3AsO_4 + \cancel{10e^-}$$



$$\cancel{10e^-} + 2HMnO_4 \rightarrow 2MnO$$



$$5H_3AsO_3 + 2HMnO_4 \rightarrow 5H_3AsO_4 + 2MnO$$

5. O ve H atomları sayılır. Atom sayıları eşit olduğu için başka bir işlem yapılmaz.



$$5H_3AsO_3 + 2HMnO_4 \rightarrow 5H_3AsO_4 + 2MnO + H_2O$$

Alıştırma

Aşağıda verilen redoks tepkimelerini denkleştiriniz.

a) $HgS(k) + CaO(k) \rightarrow Hg(s) + CaSO_4(k) + CaS(k)$

b) $Cl_2(g) + NaOH(suda) \rightarrow NaCl(suda) + NaClO(suda) + H_2O(s)$

c) $As_4O_6(k) + Br_2(g) + H_2O(s) \rightarrow H_3AsO_4(suda) + HBr(suda)$

ç) $PbO_2(k) + HI(suda) \rightarrow PbI_2(k) + I_2(k) + H_2O(s)$

d) $SiO_2(k) + Al(k) + S(k) \rightarrow Si(k) + Al_2O_3(k) + SO_2(g)$

1.1.5. İyonik Redoks Tepkimelerinin Denkleştirilmesi

Redoks tepkimelerinin pek çoğu sulu çözeltilerde, iyonlar arasında gerçekleşir. Sulu çözeltilerde ortamın asitliği ve bazlığı önemlidir. İyonlar arasında gerçekleşen bu tepkimeleri denkleştirirken iki yöntem kullanılır.

I. Yükseltgenme Basamağı Değişim Yöntemi

a) Asidik Ortamda Gerçekleşen Tepkimenin Denkleştirilmesi

Bu yöntemle redoks tepkimesi denkleştirilirken şu adımlar izlenmelidir:

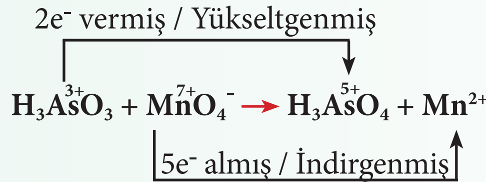
1. Yükseltgenen ve indirgenen maddeler belirlenir.
2. Hidrojen ve oksijen haricindeki atom sayıları eşitlenir.
3. Alınan ve verilen elektron sayıları eşitlenir.
4. Yük denkliğini sağlamak için yükün eksik olduğu tarafa H^+ ilave edilir.
5. Hidrojenin eksik olduğu tarafa yeterli miktarda H_2O ilave edilir.

Örnek

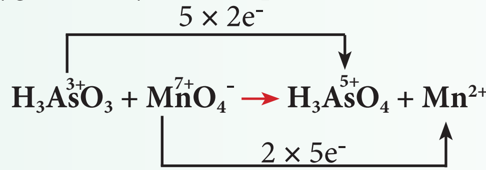
H_3AsO_3(suda) + MnO_4^-(suda) → H_3AsO_4(suda) + Mn^{2+}(suda) redoks tepkimesi asidik ortamda gerçekleşmektedir. Tepkimeyi yükseltgenme basamağı değişim yöntemi ile denkleştiriniz.

Çözüm

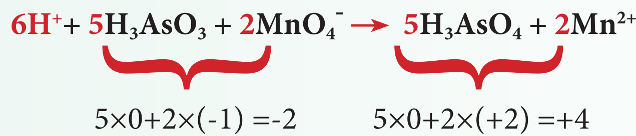
1. Yükseltgenen ve indirgenen maddeler belirlenir.



2. Hidrojen ve oksijen haricindeki atomlar her iki tarafta eşit olduğu için alınan ve verilen elektron sayıları uygun katsayılarla çarpılarak eşitlenir.



3. Yük denkliğini sağlamak için asidik ortamda yükün eksik olduğu tarafa H^+ ilavesi yapılır.



4. Tepkimenin her iki tarafındaki atomlar sayılır, H eksikliği H_2O ilavesi ile tamamlanır.



b) Bazik Ortamda Gerçekleşen Tepkimenin Denkleştirilmesi

Yükseltgenme sayısı değişimi yöntemi ile redoks tepkimesi denkleştirilirken şu adımlar izlenmelidir:

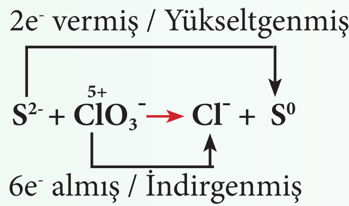
1. Yükseltgenen ve indirgenen maddeler belirlenir.
2. Hidrojen ve oksijen haricindeki atom sayıları eşitlenir.
3. Alınan ve verilen elektron sayıları eşitlenir.
4. Yük denkliğini sağlamak için yükün fazla olduğu tarafa OH^- ilave edilir.
5. Hidrojenin eksik olduğu tarafa yeterli miktarda H_2O ilave edilir.

Örnek

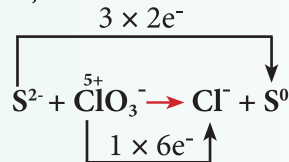
$S^{2-}(suda) + ClO_3^-(suda) \rightarrow Cl^-(suda) + S(k)$ redoks tepkimesi bazik ortamda gerçekleşmektedir. Tepkimeyi yükseltgenme basamağı değiştirme yöntemi ile denkleştiriniz.

Çözüm

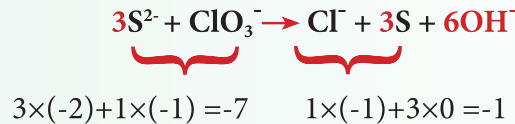
1. Yükseltgenen ve indirgenen maddeler belirlenir.



2. Hidrojen ve oksijen haricindeki atomlar her iki tarafta eşit olduğu için alınan ve verilen elektron sayıları eşitlenir.



3. Yük denkliğini sağlamak için bazik ortamda yükün fazla olduğu tarafa OH^- ilavesi yapılır.



4. Tepkimenin her iki tarafındaki atomlar sayılır, H eksikliği H_2O ilavesi ile tamamlanır.



II. İyon-Elektron Eşitleme (Yarı Tepkime) Yöntemi

a) Asidik Ortamda Gerçekleşen Tepkimenin Denkleştirilmesi

Bu yönteme göre denkleştirme yapılırken uygulanacak adımlar örnek üzerinde gösterilmiştir.

Örnek

$Cu(k) + NO_3^-(suda) \rightarrow Cu^{2+}(suda) + NO(g)$ tepkimesini asidik ortamda yarı tepkime yöntemi ile denkleştiriniz.

Çözüm

1. Tepkime iki yarı tepkime şeklinde yazılır.





2. Her bir yarı tepkimedeki atom sayıları eşitlenir. O atomu eksikliği H_2O ilavesi ile tamamlanır.





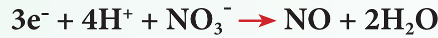
3. H^+ ilavesi ile hidrojenler eşitlenir.





4. Elektron ilavesi ile yük denkliği sağlanır.





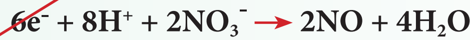
5. Alınan ve verilen elektronlar eşitlenir.





6. Tepkimeler toplanır.







Alıştırma

Asidik ortamda gerçekleşen aşağıdaki redoks tepkimelerini yarı tepkime yöntemi ile denkleştiriniz.





b) Bazik Ortamda Gerçekleşen Tepkimenin Denkleştirilmesi

Bu yönteme göre denkleştirme yapılırken uygulanacak adımlar örnek üzerinde gösterilmiştir.

Örnek

$Sn(OH)_4^{2-}$(suda)+ MnO_4^{2-}(suda) $\rightarrow$ MnO_2(k) + $Sn(OH)_6^{2-}$(suda) tepkimesini bazik ortamda yarı tepkime yöntemi ile denkleştiriniz.

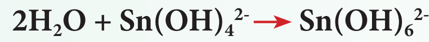
Çözüm

1. Tepkime iki yarı tepkime şeklinde yazılır.


Yükseltgenme yarı tepkimesi : $\mathbf{Sn(OH)_4^{2-} \rightarrow Sn(OH)_6^{2-}}$

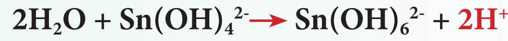

İndirgenme yarı tepkimesi : $\mathbf{MnO_4^{2-} \rightarrow MnO_2}$

2. Her bir yarı tepkimedeki atom sayıları eşitlenir. Oksijen eksikliği H_2O ilavesi ile tamamlanır.


$$\mathbf{2H_2O + Sn(OH)_4^{2-} \rightarrow Sn(OH)_6^{2-}}$$


$$\mathbf{MnO_4^{2-} \rightarrow MnO_2 + 2H_2O}$$

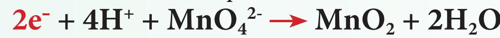
3. H^+ ilavesi ile hidrojenlerin eşitliği sağlanır.


$$\mathbf{2H_2O + Sn(OH)_4^{2-} \rightarrow Sn(OH)_6^{2-} + 2H^+}$$


$$\mathbf{4H^+ + MnO_4^{2-} \rightarrow MnO_2 + 2H_2O}$$

4. Elektron ilavesi ile yük denkliği sağlanır.

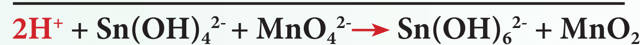

$$\mathbf{2H_2O + Sn(OH)_4^{2-} \rightarrow Sn(OH)_6^{2-} + 2H^+ + 2e^-}$$


$$\mathbf{2e^- + 4H^+ + MnO_4^{2-} \rightarrow MnO_2 + 2H_2O}$$

5. Alınan ve verilen elektronlar eşit olduğu için iki yarı tepkime toplanır.

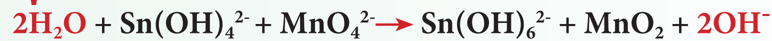

$$\mathbf{2H_2O + Sn(OH)_4^{2-} \rightarrow Sn(OH)_6^{2-} + 2H^+ + \cancel{2e^-}}$$


$$\mathbf{\cancel{2e^-} + 4H^+ + MnO_4^{2-} \rightarrow MnO_2 + 2H_2O}$$


$$\mathbf{2H^+ + Sn(OH)_4^{2-} + MnO_4^{2-} \rightarrow Sn(OH)_6^{2-} + MnO_2}$$

6. Tepkimenin her iki tarafına H^+ iyonlarını nötrleyecek şekilde 2 mol OH^- iyonu eklenerek ortamın bazikliği sağlanır.

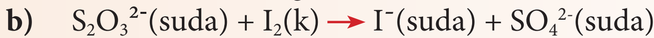

$$\mathbf{\underbrace{2OH^- + 2H^+}_{} + Sn(OH)_4^{2-} + MnO_4^{2-} \rightarrow Sn(OH)_6^{2-} + MnO_2 + 2OH^-}$$


$$\mathbf{2H_2O + Sn(OH)_4^{2-} + MnO_4^{2-} \rightarrow Sn(OH)_6^{2-} + MnO_2 + 2OH^-}$$

Alıştırma

Bazik ortamda gerçekleşen aşağıdaki redoks tepkimelerini yarı tepkime yöntemi ile denkleştiriniz.


a) ClO_2(suda) +Cl_2(g) $\rightarrow$ ClO_3^-(suda) + Cl^-(suda)


b) $S_2O_3^{2-}$(suda) + I_2(k) $\rightarrow$ I^-(suda) + SO_4^{2-}(suda)

Deney

Sülfürik Asidin Bakır Metaliyle Tepkimesi

Amaç

Redoks tepkimesinin kavranması

Madde ve Malzemeler

- 100 mL derişik sülfürik asit çözeltisi
- Bakır plakalar
- 100 mL'lik erlen (1 adet)
- 100 mL'lik mezür (1 adet)
- Elastik balon (1 adet)



Görsel 1.4: Deney düzeneği

Deneyin Yapılışı

Asitlerle çalışmak dikkat ve sorumluluk gerektirir. Bu durumu göz önünde bulundurarak aşağıdaki adımları takip ediniz.

1. Erlene 100 mL derişik sülfürik asit çözeltisi koyunuz.
2. Bakır parçalarını erlenin içine dikkatlice ekleyiniz.
3. Erlenin ağzını elastik balonla kapatınız.
4. Değişimi gözlemleyiniz.







Deney sırasında laboratuvarda uyulması gereken güvenlik kurallarına dikkat ediniz.

Sorular

1. Tepkime sonunda hangi gaz açığa çıkmıştır?
2. Tepkime denklemini yazarak denkleştiriniz.

Yorumlarınız

....

....

....

....

....

....

....

....

....

1.1.6. Redoks ve Elektrik

Elektriğin doğası, 18. yüzyılda yapılan çalışmalar sayesinde açıklanabilmiştir. Günümüzde, elektriğin elektronların hareketiyle oluştuğu bilinmektedir. Redoks tepkimelerinde de elektron hareketliliği (elektron alışverişi) söz konusudur. Redoks tepkimelerindeki elektron alışverişi doğrudan temas yoluyla veya dolaylı yolla oluşabilir.

Doğrudan temasla gerçekleşen elektron alışverişlerinde indirgen ve yükseltgen arasındaki mesafe atomik veya moleküler boyuttadır. Tanecikler, tepkimeyi gerçekleştirirken birbiriyle çarpışır ve bu esnada tanecikler arasında elektron alışverişi gerçekleşir. Örneğin kömürün büyük kısmını karbon atomu oluşturur. Kömürdeki karbonun oksijen gazıyla verdiği tepkimenin denklemi şu şekildedir:



$$C(k) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$$

Bu tepkimede karbon katısı (C) ve oksijen gazı (O_2) arasında doğrudan temas ile elektron alışverişi gerçekleşmiştir. Burada oksijen (O_2) karbon katısını (C) yükseltgemiş, karbon da oksijen atomlarını indirgemiştir. Bu tarz redoks tepkimelerinde ısı enerjisi açığa çıkar. Yanma tepkimeleri (Görsel 1.5), asitlerin metallerle olan tepkimeleri, solunum ve fotosentez olayları bu duruma verilebilecek örneklerdir.



Görsel 1.5: Yanan kömür

Dolaylı yoldan gerçekleşen elektron alışverişlerinde indirgen ve yükseltgenin arasında iletken bir nesne vardır. Elektron alışverişi bu iletken vasıtasıyla oluşur. Dolaylı redoks tepkimeleri sonucunda elektrik akımı meydana gelir. Bu tepkimelerin doğası 18. yüzyıl sonlarında İtalyan bilim adamı Luigi Galvani (Luici Galvani) sayesinde anlaşılmaya başlanmıştır. Galvani, sinirlerin elektrik boşalımıyla irkilmeye karşı duyarlılığını incelemiştir. Bir elektrik makinesinin yanında bulunan masadaki ölü hayvanların kaslarına -özellikle kurbağa kasına- neşterle dokunduğunda kaslarda seğirme ve elektrik makinesinde bir kıvılcım meydana geldiğini gözlemlemiştir. Ancak bu elektriğin kaslardan dolayı oluştuğunu düşünmüş ve bu bulgusunu hayvansal elektrik olarak nitelemiştir. Aynı yüzyıl sonunda Alessandro Volta (Alessandıro Volta), kaslar iki farklı metal arasındayken çubuklarla kaslara dokunulduğunda elektriğin oluştuğunu öne sürmüştür. Volta, çinko ve bakır disklerden oluşan sıralı bir yığın (Görsel 1.6) oluşturmuş ve her bir bakır çinko çiftini tuz çözeltisine batırılmış bir parça kâğıt ile diğerinden ayırmıştır. Yeterli sayıda diski (20 veya daha fazla) bu şekilde dizdikten sonra en üstteki çinko ve en alttaki bakır diske birer tel bağlamıştır. Bu teller birbirine değdirildiğinde bir kıvılcım meydana gelmiştir. Bu kıvılcım bir elektrik akımıdır ve çinko ile bakır arasında dolaylı yoldan elektron alışverişinin olduğu bir redoks tepkimesidir. Volta'nın geliştirmiş olduğu bu düzenek, elektrik depolama özelliğine sahip ilk cihaz olarak tarihe geçmiştir.

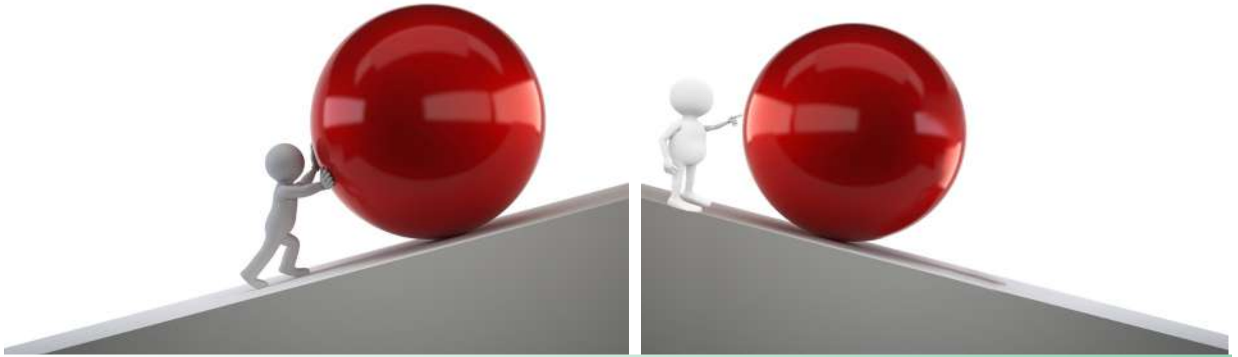


Görsel 1.6: İlk Volta hücresi

1.1.7. İstemli ve İstemsiz Redoks Tepkimeleri

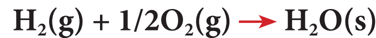
Doğadaki olayları istemli ve istemsiz şeklinde sınıflandırmak mümkündür. Doğadaki istemli ya da istemsiz tüm olaylar, başlamak için dışarıdan bir etkiye ihtiyaç duyar. İstemli olayların başladıktan sonra devam edebilmesi için etkiye ihtiyacı yoktur. Ancak istemsiz olayların hem başlaması hem de devam edebilmesi için etkinin sürekliliği gerekir. Bu durum şöyle bir örnekle açıklanabilir:

Bir cismin eğik düzlemden yukarıya çıkarılması gerektiğinde eğik düzlemin tepe noktasına ulaşıncaya kadar cisme dışarıdan kuvvet uygulanması gerekir. Ancak cisim eğik düzlemden aşağı indirilmek istendiğinde cismi biraz yuvarlamak yeterlidir. Cismin eğik düzlemin tepe noktasına çıkarılması istemsiz bir olayken eğik düzlemden aşağıya yuvarlanması istemli bir olaydır (Görsel 1.7).



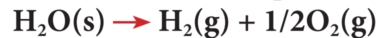
Görsel 1.7: İstemsiz ve istemli olaylar

Kimyasal olayları, dolayısıyla redoks tepkimelerini de istemli ve istemsiz şeklinde sınıflandırmak mümkündür. İstemli redoks tepkimelerinde ısı veya elektrik enerjisi açığa çıkar. Örneğin hidrojenin oksijenle tepkimeye girip suyu oluşturması istemli bir redoks tepkimesidir.



$$H_2(g) + 1/2O_2(g) \rightarrow H_2O(s)$$

Bu tepkime bir kere başladıktan sonra dışarıdan enerjiye ihtiyaç duymaz. İstemli bir tepkimenin tersi istemsiz tepkimedir. İstemsiz redoks tepkimelerinin gerçekleşmesi için tepkime süresince dışarıdan enerji vermek gerekir. Örneğin suyun hidrojene ve oksijene ayrışması istemsiz bir tepkimedir.



$$H_2O(s) \rightarrow H_2(g) + 1/2O_2(g)$$

Bu tepkimede su (H_2O) kendiliğinden hidrojen ve oksijene dönüşmez. Hem başlamak hem de devam edebilmek için dışarıdan enerjiye gereksinim vardır. Bu enerji de genellikle elektrik enerjisi şeklinde olur.

İstemsiz redoks tepkimelerini elektrik enerjisi yardımıyla gerçekleştirmek mümkündür. Ancak bu durum her istemsiz redoks tepkimesi için geçerli değildir.

1.2. ELEKTROTLAR VE ELEKTROKİMYASAL HÜCRELER

Elektrikli yılan balığı (Görsel 1.8); iletişim kurmak, yön bulmak, avlanmak ve kendisini korumak için elektrik üretebilen organlara sahiptir. Elektrik organ adı verilen bu yapıların içinde elektrik üretebilen hücreler (elektrosit) bulunur. Elektrosit hücreler uyarılmamış durumdayken hücre içinde potasyum iyonu miktarı, hücre dışında ise sodyum iyonu miktarı yüksektir. Elektrosit hücrelerin zarı, potasyum iyonlarını geçirebilirken sodyum iyonlarının geçişine izin vermez. Beyinden gelen sinyaller elektrosit hücreleri uyardığında hücre zarının bir tarafındaki iyon kanalları açılır ve sodyum iyonları bu kanallardan hücreye girebilir. Hücre içinde elektriksel yük değişimine neden olan bu durum, bir elektrik akımının oluşmasıyla sonuçlanır. Elektrik akımı oluşturan kimyasal tepkimelerin kullanılması ile ilgili bilim dalı hangisidir? Bu tepkimeler daha yararlı hâle nasıl getirilebilir?

Bu bölümde elektrot, elektrolit kavramlarının yanı sıra galvanik ve elektrolitik sistemlerde hücre, yarı hücre kavramları ile inert elektrotların hangi durumlarda gerekli olduğu ele alınacaktır.



Görsel 1.8: Elektrikli yılan balığı

1.2.1. Elektrot ve Elektrolit



Görsel 1.9: Kuru pil

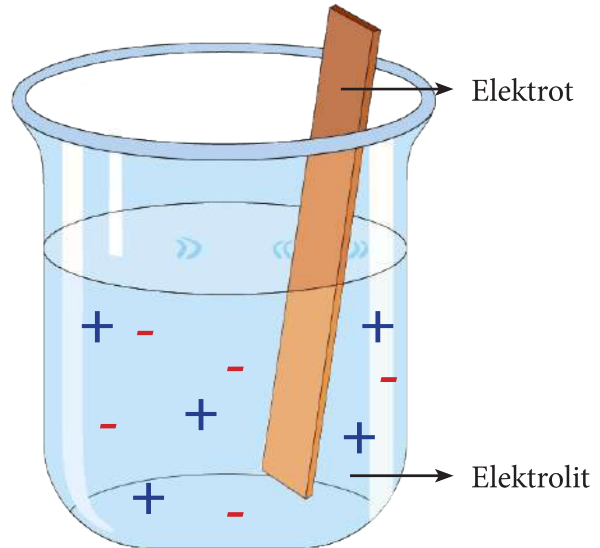
Kimyasal tepkimelerle elektrik enerjisi arasındaki ilişkiyi inceleyen bilim dalına **elektrokimya** denir. Elektrokimyasal tepkimelerde yükseltgenme ve indirgenme tepkimelerinin her ikisi de gerçekleştiğinden bu tepkimeler aynı zamanda bir redoks tepkimesidir. Ancak redoks tepkimelerinin hepsinde elektrik akımı oluşmaz. Bu nedenle her redoks tepkimesi elektrokimyasal tepkime değildir.

Bataryalarda, kuru pillerde (Görsel 1.9), yakıt pillerinde, elektrolizde ve endüstrinin birçok alanında elektrokimyadan yararlanılır.

İndirgenme ve yükseltgenme olaylarının gerçekleşmesi amacıyla çözelti içine batırılan ve elektron akımını sağlayan metal veya grafit çubuklara **elektrot** denir. Elektrotlar tel, çubuk, levha vb. şekilde olabilir. Elektrotların yapıldığı metal, içine batırıldığı sulu çözeltide bulunan metal katyonu ile aynı olabileceği gibi farklı da olabilir.

Elektrotların batırıldığı ve iyon hareketini sağlayarak elektriği ileten sıvılara **elektrolit** adı verilir. En iyi elektrolit, kuvvetli asitlerin sulu çözeltisidir. Ancak asitlerin metalleri çabuk aşındırması sebebiyle elektrolit çözeltisi olarak genellikle iyonik bileşiklerin sulu çözeltisi kullanılır.

Pillerde ve elektroliz sistemlerinde elektrik akımının sağlanması için elektrot ve elektrolit kullanılır (Görsel 1.10). Elektrotlardan birinde yükseltgenme, diğerinde ise indirgenme olayı gerçekleşir. Yükseltgenmenin gerçekleştiği elektroda **anot**, indirgenmenin gerçekleştiği elektroda ise **katot** adı verilir.



Görsel 1.10: Elektrot ve elektrolit

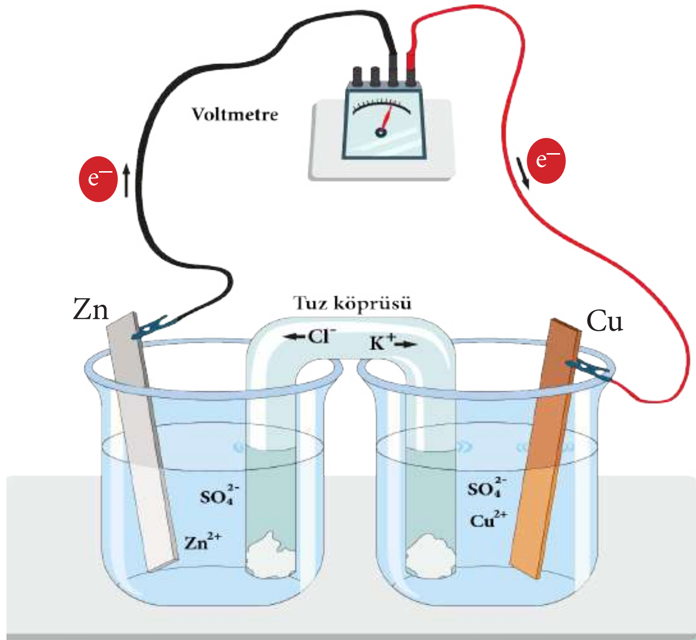
1.2.2. Yarı Hücre ve Hücre

Bir elektrodun elektrolit çözeltisine daldırılmasıyla hazırlanan düzeneğe **yarı hücre** denir. Zn ve Cu elektrotları iki ayrı kapta kendi tuzlarının çözeltilerine ($ZnSO_4$ ve $CuSO_4$) batırılarak iki ayrı yarı hücre oluşturulur (Görsel 1.11). İki yarı hücrenin uygun şekilde birbirine bağlanmasıyla hazırlanan düzeneğe **elektrokimyasal hücre** adı verilir. Galvanik hücre ve elektrolitik hücre olmak üzere iki çeşit elektrokimyasal hücre vardır. İki yarı hücrenin uygun biçimde birbirine bağlanması ile kendiliğinden bir elektrokimyasal tepkime meydana geliyor ve elektrik enerjisi ortaya çıkıyorsa oluşturulan düzeneğe **galvanik hücre** denir. Bu hücreler kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürdüğünden **galvanik pil**, **volta pili** ya da **kimyasal pil** olarak da adlandırılır. Zn metali $ZnSO_4$ çözeltisine, Cu metali $CuSO_4$ çözeltisine daldırılarak iki ayrı yarı hücre oluşturulur. Bu yarı hücreler uygun bir metalik iletken ve tuz köprüsü ile birleştirilerek bir galvanik pil elde edilir (Görsel 1.11). John Daniell (Con Denyıl), galvanik hücrenin ilk örneğini (Görsel 1.12) 1836 yılında geliştirmiştir. Bu hücreye **Daniell pili** de denir.

İki yarı hücre arasında, doymuş tuz çözeltisiyle doldurulmuş (genellikle KCl) U şeklindeki boruya **tuz köprüsü** denir. Borunun iki ucu, sıvının geçişine izin vermeyen ancak iyonların geçişine izin veren yarı geçirgen membran ile kapatılmıştır. Tuz köprüsünün görevi, yarı hücreler arasındaki elektrik iletimini sağlamak ve iyonların geçmesine izin vererek yarı hücrelerdeki yük dengesinin bozulmasını önlemektir.

Bir galvanik hücrede elektronların devamlı akışı, anot ve katot arasındaki potansiyel farkından kaynaklanır. Anot, katoda


Görsel 1.12: İlk Daniell pili



Görsel 1.11: Galvanik hücre

Biliyor musunuz?

Daniell pili, telgrafın gelişmesi sırasında sürekli ve güvenilir bir elektrik akımı kaynağına duyulan acil ihtiyacın sonucunda icat edilmiştir.

göre daha yüksek negatif potansiyel enerjiye sahip olduğundan elektronlar anottan katoda doğru akar.

Bir galvanik hücrede elektrotlar bir metalin, kendi tuzunu içeren çözeltiye daldırılması ile hazırlanır. Pilin çalışması sırasında elektrot metali ya aşınarak çözeltiye geçer ya da elektrodun üzerinde metalik birikme olur. Fakat bazı durumlarda, kullanılan elektrodun tepkimeye girmesi istenmez. Bu gibi durumlarda platin, altın, paladyum veya grafit (karbon) gibi maddeler elektrot olarak kullanılır. Pilin çalışması sırasında herhangi bir değişikliğe uğramayan bu elektrotlara **inert elektrot** denir.

İstemsiz elektrokimyasal tepkimelerin gerçekleşmesi için elektrik enerjisinden yararlanılır. İstemsiz kimyasal tepkimenin bir dış kaynaktan sağlanan elektrik enerjisi ile gerçekleştirildiği elektrokimyasal hücrelere **elektrolitik hücre** denir. Elektrolitik hücrelerde tepkimenin gerçekleşmesi için istemli redoks tepkimesinde açığa çıkan enerjinin üstünde bir enerjiye ihtiyaç vardır.

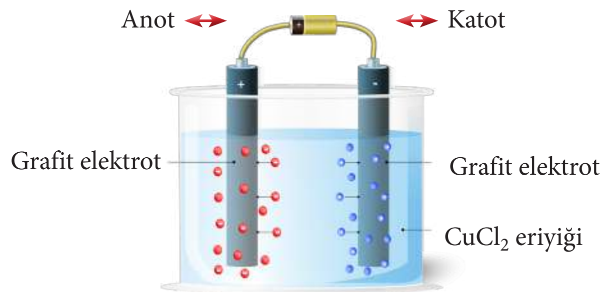
Galvanik hücre ve elektrolitik hücre arasındaki farklar şunlardır:

- Galvanik hücrede meydana gelen tepkimeler istemli iken elektrolitik hücrede meydana gelen tepkimeler istemsizdir.
- Galvanik hücrede anot olarak adlandırılan yarı hücre, elektrolitik hücrede katot olarak adlandırılır. Galvanik hücrede katot olarak adlandırılan yarı hücre, elektrolitik hücrede anot olarak adlandırılır.
- Galvanik hücrelerde anot negatif, katot pozitif uç; elektrolitik hücrelerde ise anot pozitif, katot negatif uçtur.
- Galvanik hücrelerde elektrik enerjisi üretilirken elektrolitik hücrelerde elektrik enerjisi harcanır.
- Elektrolitik hücrelerde iki elektrot çoğunlukla aynı kaptadır ve kapta sadece bir elektrolit bulunur.

Sıvı $CuCl_2$ bileşiği ve grafit elektrotlar kullanılarak elektrolitik hücre oluşturulur (Görsel 1.13). Bu hücreye bir doğru akım kaynağından gerilim uygulandığında anotta Cl^- iyonları yükseltgenerek Cl_2 gazı açığa çıkarken katotta Cu^{2+} iyonları indirgenerek metalik Cu açığa çıkar.

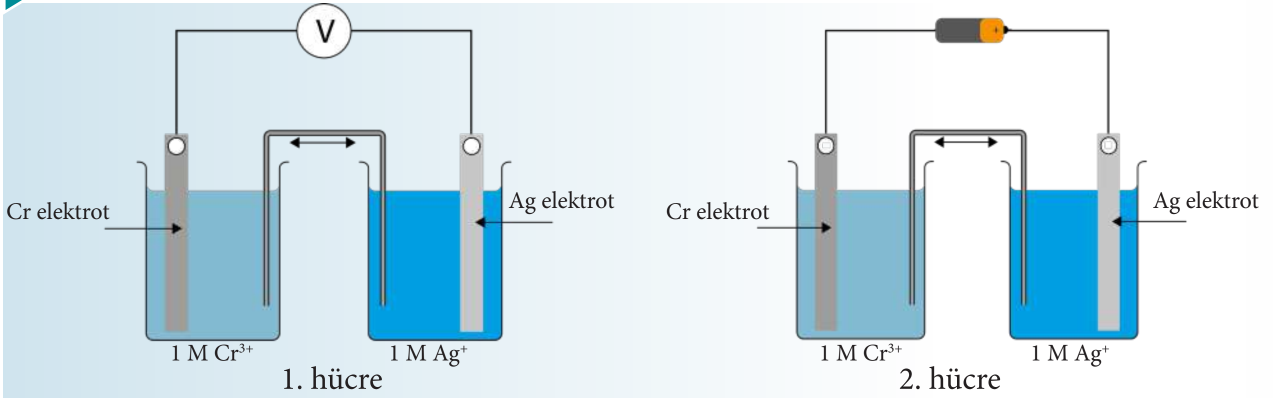
Dikkat!

Galvanik ve elektrolitik hücrelerin anodunda yükseltgenme, katodunda indirgenme meydana gelir.



Görsel 1.13: $CuCl_2$ elektrolit hücresi

Örnek



Yukarıdaki şekilde bir galvanik ve bir elektrolitik hücre verilmiştir. 1. hücrenin Cr, 2. hücrenin ise Ag elektrotunda yükseltgenme olmuştur. Bu iki elektrokimyasal hücre ile ilgili aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a) 1. ve 2. hücrelerin hangisi galvanik, hangisi elekrolitik hücredir?
b) 1. ve 2. hücredeki anot ve katodu belirleyiniz.
c) 1. ve 2. hücredeki anot ve katodun yüklerini belirleyiniz.

Çözüm

a) Galvanik hücrelerde elektrik enerjisi üretilirken elektrolitik hücrelerde elektrik enerjisi harcanır. Şekillere bakıldığında 1. hücrede voltmetre, 2. hücrede ise bir doğru akım kaynağı görülmektedir. Bu durumda 1. hücre galvanik, 2. hücre ise elektrolitik hücredir.

b) 1. hücrede yükseltgenmenin olduğu Cr elektrot anot, indirgenmenin olduğu Ag elektrot ise katottur.
2. hücrede Ag anot, Cr ise katottur.

c) 1. hücrede krom yükseltgenip çözeltiye geçerken kromun bıraktığı elektronlardan dolayı bu hücrenin anodu eksi, katodu ise artı yüklüdür.
2. hücre elektrolitik hücredir. Bu hücrenin anodu artı, katodu eksi yüklüdür.

Deney

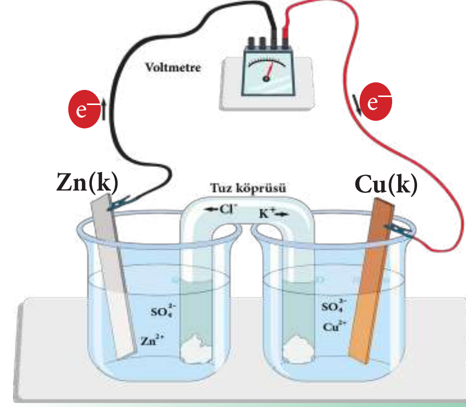
Elektrokimyasal Çinko/Bakır Pil

Amaç

Bir pilin çalışma mantığının anlaşılması

Madde ve Malzemeler

- Zn elektrot (1 adet)
- Cu elektrot (1 adet)
- 500 mL'lik beher (2 adet)
- 100 mL'lik mezür (1 adet)
- 100 mL saf su
- 10 g $ZnSO_4$ katısı
- 10 g $CuSO_4$ katısı
- Tuz köprüsü
- Voltmetre
- Hassas terazi



Görsel 1.14: Deney düzeneği



Deneyin Yapılışı

1. $ZnSO_4$ ve $CuSO_4$ katılarını ellişer mililitre saf su ile çözünüz ve beherlere doldurunuz.
2. $ZnSO_4$ çözeltisinin olduğu behere Zn elektrodu, $CuSO_4$ çözeltisinin olduğu behere Cu elektrodu batırınız.
3. Bir tuz köprüsü yardımıyla iki kabı birbirine bağlayınız.
4. Voltmetrenin artı kutbunu Zn elektroda, eksi kutbunu ise Cu elektroda bağlayınız.
5. Voltmetreden geçen akımı okuyunuz.

Sizden sonra gelecek grubu göz önünde bulundurarak kullandığınız malzemeleri toplamadan laboratuvardan ayrılmayınız.

Sorular

1. Anot ve katotta gerçekleşen tepkimeleri yazınız.
2. Tuz köprüsünün neden kullanıldığını açıklayınız.


EBA ortamındaki Zn/Cu pili konulu ders içeriği için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

Yorumlarınız

....

....

....

....

....

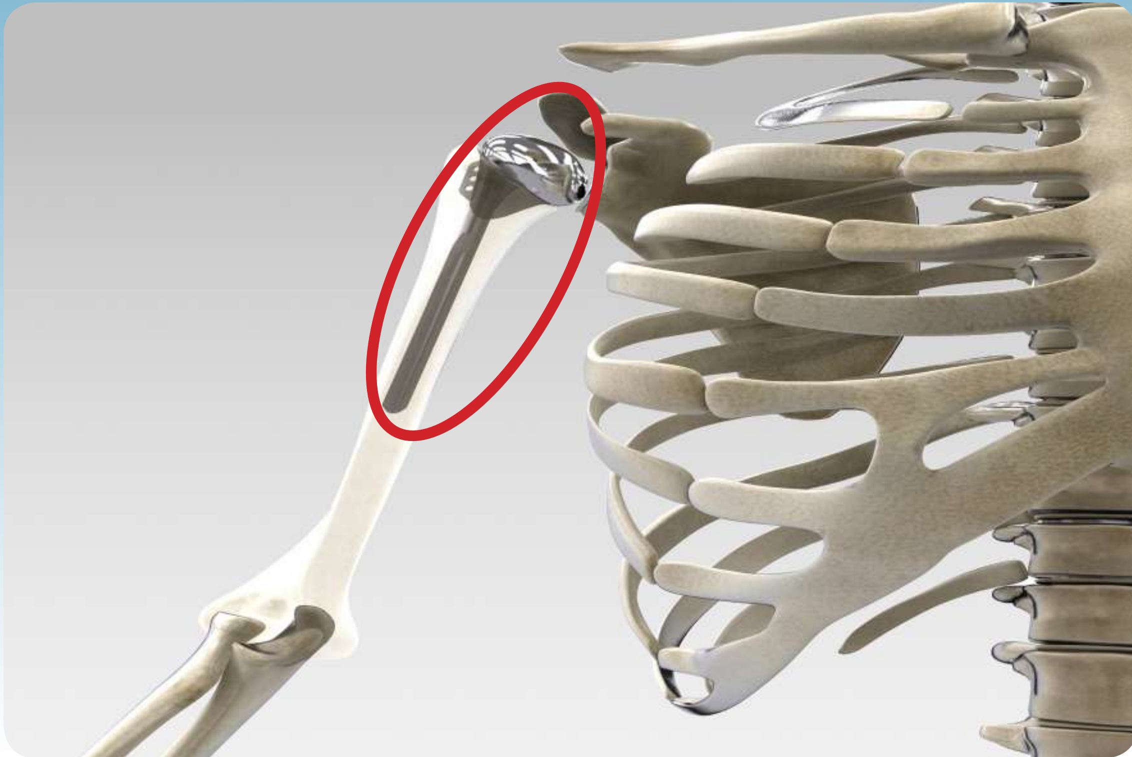
....

1.3. ELEKTROT POTANSİYELLERİ

Biyomalzemeler, insan vücudundaki canlı dokuların işlevlerini yerine getirmek ya da desteklemek amacıyla kullanılan doğal ya da sentetik maddelerdir. Bu malzemeler, belli aralıklarla veya sürekli olarak vücut akışkanlarıyla (kan, tükürük vb.) temas eder. Protez de denen bu malzemelerin kullanımı çok eskiye dayanır. Örneğin altının diş hekimliğinde kullanımı iki bin yıl öncesine kadar uzanır.

Biyomalzeme yapımında seramik, polimer, metal gibi maddeler kullanılır. Özellikle metaller, kolay işlenebilir ve dayanıklı olması nedeniyle ortopedik amaçlı olarak (Görsel 1.15) sıklıkla tercih edilir. Ancak seçilecek olan metalin vücuda karşı pasif özellikte olması ve vücutla tepkime vermemesi gerekir. Bunun için de metallerin aktivitesi önem arz eder. Metallerin aktifliği nasıl tespit edilir? Elektrot potansiyellerinin, metal aktifliğini belirlemede ne gibi bir rolü vardır?

Bu konuda elektrot potansiyelleri, metal aktifliği ve istemli redoks tepkimeleri ele alınacaktır.

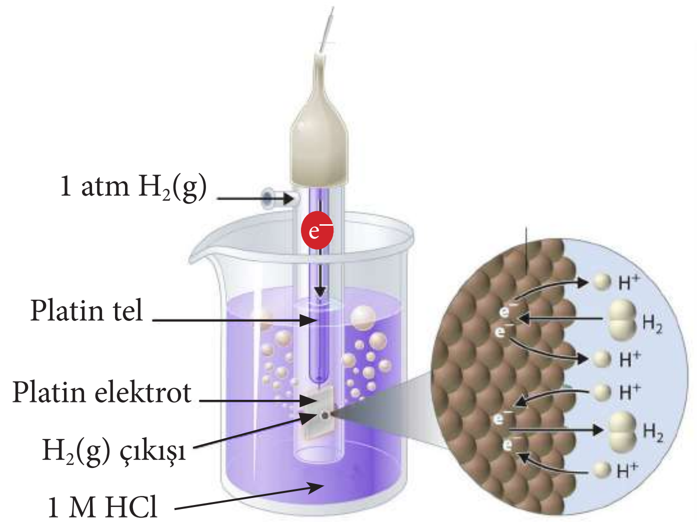


Görsel 1.15: Ortopedik protez

1.3.1. Standart Elektrot Potansiyeli

Bir yarı hücredeki elektrodun potansiyeli deneyle veya teorik olarak ölçülemez. Çünkü yarı hücre tepkimeleri tek başına gerçekleşmez. Yükseltgenmenin gerçekleşmesi için indirgenmeye, indirgenmenin gerçekleşmesi için de yükseltgenmeye ihtiyaç vardır. Bu çıkmazdan kurtulmak için bir referans elektrot seçmek ve bu elektrot potansiyelini kabul görmüş bir değerle ifade etmek yoluna gidilmiştir. Bir elektrodun potansiyeli, referans elektrot ile hazırlanan elektrokimyasal hücrenin potansiyelinin ölçülmesiyle hesaplanabilir.

Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC) tarafından referans elektrodu olarak hidrojen elektrodu seçilmiş ve bu elektrodun standart elektrot potansiyeli sıfır (0) volt olarak kabul edilmiştir.



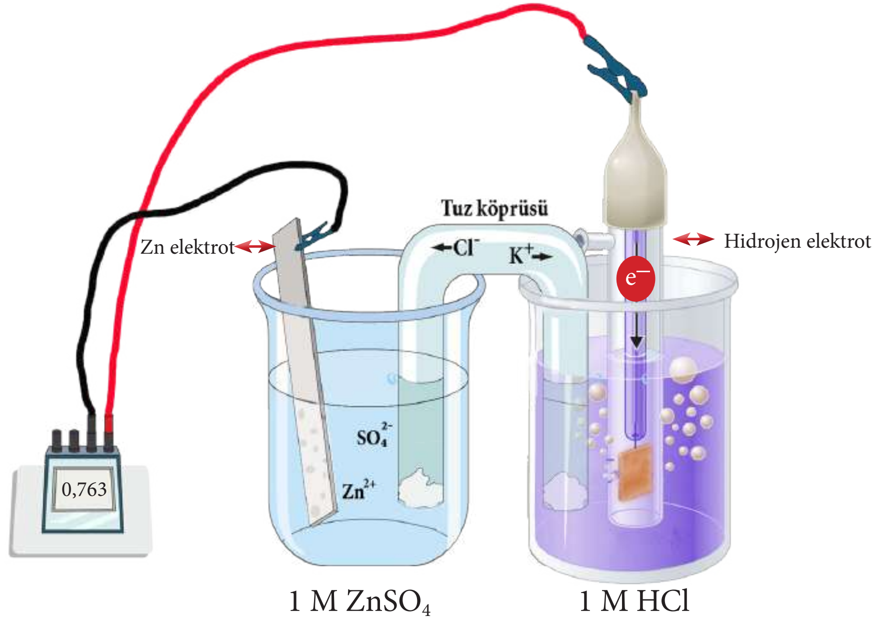
Görsel 1.16: Standart hidrojen elektrodu

Standart hidrojen elektrodu, 25 °C'de 1 M H^+ iyonu içeren asit çözeltisindeki platin elektrot üzerine 1 atm basıncında H_2 gazı gönderilmesi ile oluşturulur (Görsel 1.16).

Standart şartlarda (25 °C, 1 atm ve 1 M çözelti) bir elektrotta oluşan indirgenme eğiliminin ölçüsüne **standart elektrot potansiyeli** denir ve bu potansiyel **E^0** ile gösterilir. Standart elektrot potansiyelleri her zaman indirgenme şeklinde yazılır. Bu nedenle **standart indirgenme potansiyeli** şeklinde de isimlendirilir. Her elektrodun standart potansiyeli o elektrodun elektron çekme gücünün ölçüsüdür.

Standart hidrojen elektrodu diğer tüm elektrotların standart elektrot potansiyellerini bulmak için kullanılır. Herhangi bir elektrot, standart hidrojen elektrodu ile birleştirilerek bir elektrokimyasal hücre yapılır ve bu hücrenin standart potansiyeli ölçülür. Hidrojen elektrodunun standart indirgenme potansiyeli sıfır kabul edildiği için ölçülen bu hücre potansiyeli diğer elektrodun standart indirgenme potansiyeline eşit olur.

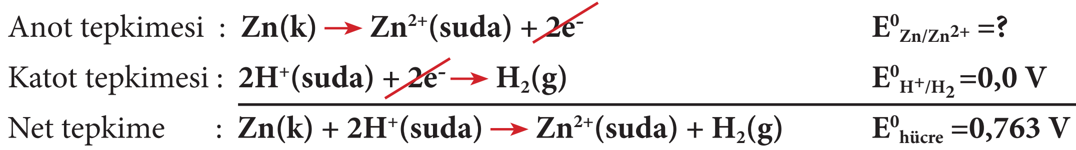
Zn elektrodun standart indirgenme potansiyelini belirlemek için bir düzenek kurulmuş ve voltmetredeki değer 0,763 V olarak ölçülmüştür (Görsel 1.17).



Görsel 1.17: Hidrojen elektrot kullanarak Zn elektrodun standart potansiyelini belirleme

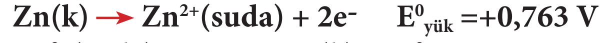
Hazırlanan galvanik hücrede Zn elektrodun yüzeyinde aşınma olduğu gözlenir. Bu aşınma, Zn metalinin Zn^{2+} iyonlarına yükseltgenmesinden kaynaklanır. Yükseltgenmenin olduğu elektrot anot, indirgenmenin olduğu elektrot katottur.

Yarı hücrelerdeki tepkimeler ve hücrenin net denklemi şu şekildedir:



Anot tepkimesi :	$Zn(k) \rightarrow Zn^{2+}(suda) + \cancel{2e^-}$	$E^0_{Zn/Zn^{2+}} = ?$
Katot tepkimesi :	$2H^+(suda) + \cancel{2e^-} \rightarrow H_2(g)$	$E^0_{H^+/H_2} = 0,0\ V$
Net tepkime :	$Zn(k) + 2H^+(suda) \rightarrow Zn^{2+}(suda) + H_2(g)$	$E^0_{hücre} = 0,763\ V$

Hidrojen elektrodunun standart indirgenme potansiyeli 0 (sıfır) olduğundan ve Zn yarı hücresinde yükseltgenme gerçekleştiğinden voltmetrede okunan değer, Zn elektrodun yükseltgenme potansiyeline eşit olur. Zn elektrodun standart indirgenme potansiyelini hesaplamak için Zn elektroda ait tepkimenin ters çevrilmesi gerekir. Bu durumda yükseltgenme potansiyelinin işareti değişir.



$$\mathbf{Zn(k) \rightarrow Zn^{2+}(suda) + 2e^- \quad E^0_{yük} = +0,763\ V}$$



$$\mathbf{Zn^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Zn(k) \quad E^0_{ind} = -0,763\ V}$$

Zn elektrodun standart indirgenme potansiyeli -0,763 V olarak hesaplanır. Bu örnekte hidrojen elektrodu yardımıyla Zn elektrodun standart potansiyeli hesaplanmıştır. Benzer şekilde diğer maddeler için de standart elektrot potansiyeli hesaplanabilir.

Elektrokimyasal hücreleri Görsel 1.17'deki gibi çizmek zaman aldığından hücrelerin bir şema hâlinde gösterimi tercih edilir. Elektrokimyasal hücrelerin şema olarak gösterim şekline **hücre şeması** denir. Hücre şeması şu kurallara göre yazılır:

- Anot ve anodun içinde bulunduğu çözelti ile ilgili bilgiler sol tarafa, katot ve katodun içinde bulunduğu çözelti ile ilgili bilgiler sağ tarafa yazılır.
- Farklı fazlar arasındaki sınır tek dikey çizgi (|) ile ayrılır.
- İki yarı hücre arasındaki tuz köprüsü çift dikey çizgi (||) ile gösterilir.

Görsel 1.17'deki hücrenin şematik gösterimi şu şekildedir:

Zn(k) | Zn^{2+}(suda, 1,0 M) || H^+(suda, 1,0 M) | Pt(k) | H_2(g, 1 atm)

Alıştırma

Aşağıda net tepkimeleri verilen standart şartlardaki hücrelerin şematik gösterimini yapınız.

a) $2Al(k) + 3Zn^{2+}(suda) \rightarrow 2Al^{3+}(suda) + 3Zn(k)$

b) $Zn(k) + Sn^{2+}(suda) \rightarrow Zn^{2+}(suda) + Sn(k)$

c) $Ni(k) + 2Cu^{+}(suda) \rightarrow Ni^{2+}(suda) + 2Cu(k)$

Bazı elementlerin, standart hidrojen elektrodu referans kabul edilerek bulunan standart indirgenme potansiyelleri Tablo 1.2'de verilmiştir.

Tablo 1.2: Bazı elementlerin standart indirgenme potansiyelleri

Yarı Tepkime	Standart İndirgenme Potansiyeli E^0(V)
$F_2 + 2e^- \rightarrow 2F^-$	+2,870
$Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au(k)$	+1,498
$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$	+1,359
$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	+1,229
$Br_2 + 2e^- \rightarrow 2Br^-$	+1,065
$Hg^{2+} + 2e^- \rightarrow Hg(s)$	+0,850
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag(k)$	+0,799
$Cu^+ + e^- \rightarrow Cu(k)$	+0,521
$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu(k)$	+0,337
$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2(g)$	0,000
$Fe^{3+} + 3e^- \rightarrow Fe(k)$	-0,040
$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb(k)$	-0,126
$Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn(k)$	-0,136
$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni(k)$	-0,250
$Cd^{2+} + 2e^- \rightarrow Cd(k)$	-0,403
$Cr^{3+} + e^- \rightarrow Cr^{2+}$	-0,408
$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe(k)$	-0,440
$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr(k)$	-0,744
$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn(k)$	-0,763
$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al(k)$	-1,662
$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg(k)$	-2,372
$Na^+ + e^- \rightarrow Na(k)$	-2,714
$Ca^{2+} + 2e^- \rightarrow Ca(k)$	-2,866
$K^+ + e^- \rightarrow K(k)$	-2,931
$Li^+ + e^- \rightarrow Li(k)$	-3,040

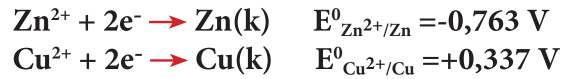
Tablo 1.2'de verilen indirgenme potansiyellerine bakılarak elektrotlar hakkında bilgi edinilebilir. Negatif işaretli olanlar kendiliğinden yükseltgenebilen, pozitif işaretli olanlar ise kendiliğinden indirgenebilen maddelerdir. Tablo 1.2 incelendiğinde yükseltgenme eğilimi en büyük olan türün Li^+ iyonu, indirgenme eğilimi en büyük olan türün ise F_2 elementi olduğu görülür.

Standart elektrot indirgenme potansiyelleri verilen bir galvanik hücrenin hücre potansiyeli hesaplanırken şu eşitlik kullanılabilir:

$$E^0_{hücre} = E^0_{yük} + E^0_{ind}$$

Standart E^0 hücre hesaplamalarında şu ilkelerden yararlanılır:

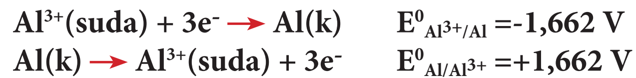
- Bir galvanik hücrede elektrotların hangisinin anot ya da katot olarak görev yapacağı standart elektrot potansiyellerine bağlıdır. İndirgenme potansiyeli büyük olan elektrot, katot olarak görev yapar ve indirgenme tepkimesi gerçekleşir. İndirgenme potansiyeli küçük olan elektrot ise anot olarak görev yapar ve yükseltgenme tepkimesi gerçekleşir.



$$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn(k) \qquad E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0,763\ V$$
$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu(k) \qquad E^0_{Cu^{2+}/Cu} = +0,337\ V$$

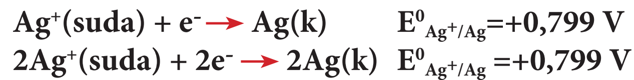
Yukarıdaki tepkimelerde bakırın standart indirgenme potansiyeli büyük olduğu için Cu elektrot katot, Zn elektrot ise anot olarak görev yapar.

- Bir yarı hücre ters çevrildiğinde E^0 değerinin işareti değişir.



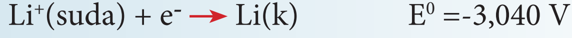
$$Al^{3+}(suda) + 3e^- \rightarrow Al(k) \qquad E^0_{Al^{3+}/Al} = -1,662\ V$$
$$Al(k) \rightarrow Al^{3+}(suda) + 3e^- \qquad E^0_{Al/Al^{3+}} = +1,662\ V$$

- Elektrot potansiyeli, birim yüke (bir elektrona) verilen enerjidir. Elektron sayısının artması ya da azalması bu değeri değiştirmez. Bu nedenle bir yarı hücredeki katsayının değiştirilmesi E^0 değerini etkilemez.



$$Ag^+(suda) + e^- \rightarrow Ag(k) \qquad E^0_{Ag^+/Ag} = +0,799\ V$$
$$2Ag^+(suda) + 2e^- \rightarrow 2Ag(k) \qquad E^0_{Ag^+/Ag} = +0,799\ V$$

Örnek

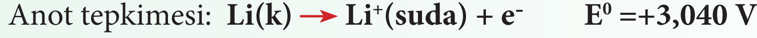

$Li^+(suda) + e^- \rightarrow Li(k)$ $E^0 = -3,040\ V$

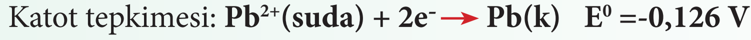

$Pb^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Pb(k)$ $E^0 = -0,126\ V$

Yukarıdaki yarı hücrelerden bir galvanik hücre oluşturuluyor. Oluşan galvanik hücrenin potansiyelini hesaplayınız.

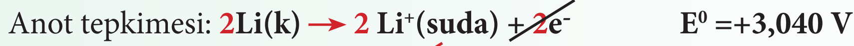
Çözüm

E^0 değeri küçük olan Li yarı hücresinde yükseltgenme, E^0 değeri büyük olan Pb yarı hücresinde ise indirgenme olayı gerçekleşir.


Anot tepkimesi: **$Li(k) \rightarrow Li^+(suda) + e^-$** **$E^0 = +3,040\ V$**


Katot tepkimesi: **$Pb^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Pb(k)$** **$E^0 = -0,126\ V$**

Elektron sayılarını eşitlemek için anot tepkimesi ikiyle çarpılır fakat E^0 değeri çarpılmaz.


Anot tepkimesi: **$2Li(k) \rightarrow 2\ Li^+(suda) + \cancel{2e^-}$** **$E^0 = +3,040\ V$**

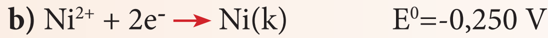

Katot tepkimesi: **$Pb^{2+}(suda) + \cancel{2e^-} \rightarrow Pb(k)$** **$E^0 = -0,126\ V$**


Net tepkime: **$2Li(k) + Pb^{2+}(suda) \rightarrow 2Li^+(suda) + Pb(k)$** **$E^0_{hücre} = +2,914\ V$**

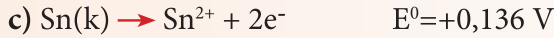
Alıştırma

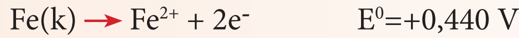

a) $Cr^{3+}(suda) + 3e^- \rightarrow Cr(k)$ $E^0 = -0,744\ V$


$Ag^+(suda) + e^- \rightarrow Ag(k)$ $E^0 = +0,799\ V$


b) $Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni(k)$ $E^0 = -0,250\ V$


$Al(k) \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$ $E^0 = +1,662\ V$


c) $Sn(k) \rightarrow Sn^{2+} + 2e^-$ $E^0 = +0,136\ V$


$Fe(k) \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$ $E^0 = +0,440\ V$

Yukarıdaki yarı hücrelerle oluşturulan galvanik hücrelerin pil potansiyelini hesaplayınız.

1.3.2. Metallerde Aktiflik

Metallerin aktifliği elektron verme özelliği ile doğru orantılıdır. Standart indirgenme elektrot gerilimi en küçük olan elementin yükseltgenme eğilimi ve aktifliği en büyüktür. Tablo 1.2 incelendiğinde standart indirgenme elektrot gerilimi en küçük olan lityumun en aktif element olduğu görülür.

Örnek

K, Zn, Cu, Cd, Al

Yukarıda verilen elementlerin aktifliklerini Tablo 1.2'den yararlanarak büyükten küçüğe sıralayınız.

Çözüm

Tablo 1.2 yardımıyla standart indirgenme elektrot gerilimi en küçük olan metal bulunur. Bulunan bu metal en aktif metaldir. Aktifliklerin sıralanışı şu şekildedir:
K > Al > Zn > Cd > Cu

Örnek

Al bir çubuk $Zn(NO_3)_2$ çözeltisine batırıldığında çubukta aşınma meydana geliyor. Fe bir çubuk $Zn(NO_3)_2$ çözeltisine batırıldığında ise bir değişiklik gözlenmiyor. Bu bilgiler ışığında aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a) Al, Fe ve Zn metallerinin aktifliklerini karşılaştırınız.

b) Al metalinden yapılmış bir kapta $Fe(NO_3)_2$ çözeltisi saklanabilir mi?

Çözüm

a) $Zn(NO_3)_2$ çözeltisine batırıldığında Al metalinde aşınma olması bu metalin çinkoya göre daha aktif olduğunu gösterir. $Zn(NO_3)_2$ çözeltisine batırıldığında demir çubukta değişim olmaması ise çinkonun demir metalinden daha aktif olduğunu gösterir. Bu durumda metallerin aktiflik sıralaması büyükten küçüğe şu şekilde olur:
Al > Zn > Fe

b) Aktif bir metalden yapılmış bir kapta aktifliği kendisinden daha az olan bir metalin çözeltisi saklanamaz.

Alıştırma

Cd çubuk, $NiSO_4$ çözeltisine batırıldığında Cd çubuğun kütlesinin azaldığı gözleniyor. Sn çubuk $NiSO_4$ çözeltisine batırıldığında bir değişme gözlenmiyor. Bu bilgilere göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a) Cd, Ni ve Sn metallerinin aktifliklerini karşılaştırınız.

b) Cd metalinden yapılmış kapta $SnSO_4$ çözeltisi saklanabilir mi?

Deney
Metal Aktifliği

Amaç
Metal aktifliğinin gözlemlenmesi

Madde ve Malzemeler
- Mg, Zn, Fe, Cu, Al şeritler
- 100 mL derişik HCl çözeltisi
- 100 mL'lik erlen (5 adet)
- Lastik balon (5 adet)
- Asetat kalemi



Görsel 1.18: Deney düzeneği



Deneyin Yapılış
Asitlerle çalışmak dikkat ve sorumluluk gerektirir. Bu durumu göz önünde bulundurarak aşağıdaki adımları takip ediniz.

1. 5 adet erlen alınız. Her erlene, içine atılacak metalin sembolünü yazınız.
2. Erlenlerin her birine 20 mL HCl çözeltisini dikkatlice ekleyiniz.
3. Her erlene üzerindeki sembole göre metal parçalarını atınız ve erlenlerin ağzını balonlarla kapatınız.

Sorular
1. Hangi balonda şişme meydana gelmiştir?
2. Değişiklik gözlenmeyen erlende hangi metal bulunuyor? Bu metalin değişikliğe uğramamasının sebebi nedir?

Yorumlarınız

....

....

....

....

....

....

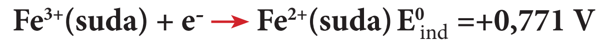
1.3.3. Redoks Tepkimelerinin İstemliliği ve Elektrot Potansiyelleri

Standart şartlarda (1,0 M ve 25°C) ölçülen pil potansiyeline **standart hücre potansiyeli** veya **standart pil potansiyeli** denir ve bu potansiyel $\mathbf{E^0_{hücre}}$ ile gösterilir. $E^0_{hücre}$ değeri, iki yarı hücre ile oluşturulan hücrenin çalışıp çalışmayacağını veya hangi yönde çalışacağını tahmin etmede yol göstericidir. $E^0_{hücre}$ değeri sıfırdan büyükse redoks tepkimesi istemli, sıfırdan küçükse redoks tepkimesi istemsizdir. Galvanik hücrelerde elektrotlar arasındaki potansiyel fark ne kadar büyükse redoks tepkimesi o kadar istemlidir.


$$Ni(k) + 2Fe^{3+}(suda) \rightarrow Ni^{2+}(suda) + 2Fe^{2+}(k)$$

redoks tepkimesinin istemli olarak gerçekleşip gerçekleşmeyeceği standart elektrot potansiyellerine bakılarak belirlenebilir.


$$Ni^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Ni(k) \quad E^0_{ind} = -0,250\ V$$


$$Fe^{3+}(suda) + e^- \rightarrow Fe^{2+}(suda) \quad E^0_{ind} = +0,771\ V$$

E^0 değerlerine göre Fe^{3+} iyonunun standart indirgenme elektrot potansiyeli Ni^{2+} iyonundan daha büyüktür. Bu nedenle Fe^{3+} indirgenir, Ni^{2+} yükseltgenir.


Anot tepkimesi : $Ni(k) \rightarrow Ni^{2+}(suda) + 2e^-$ $\quad E^0_{yük} = +0,250\ V$


Katot tepkimesi : $2Fe^{3+}(suda) + 2e^- \rightarrow 2Fe^{2+}(suda)$ $\quad E^0_{ind} = +0,771\ V$


Net tepkime : $Ni(k) + 2Fe^{3+}(suda) \rightarrow Ni^{2+}(suda) + 2Fe^{2+}(suda)$ $\quad E^0_{hücre} = +1,021\ V$

$E^0_{hücre}$ değeri pozitif çıktığı için redoks tepkimesi istemli olarak gerçekleşir.

Örnek

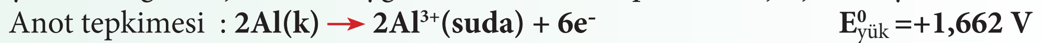
$2Al(k) + 3Mg^{2+}(suda) \rightarrow 2Al^{3+}(suda) + 3Mg(k)$ redoks tepkimesinin istemli olup olmadığını bulunuz.


$$Al^{3+}(suda) + 3e^- \rightarrow Al(k) \quad E^0 = -1,662\ V$$


$$Mg^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Mg(k) \quad E^0 = -2,363\ V$$

Çözüm

İndirgenme potansiyel değeri küçük olan Mg yükseltgenirken indirgenme potansiyel değeri büyük olan Al indirgenir. Ancak verilen tepkimede alüminyum yükseltgenirken magnezyum indirgenmiştir. Buna uygun anot ve katot tepkimeleri şu şekilde yazılır:


Anot tepkimesi : $2Al(k) \rightarrow 2Al^{3+}(suda) + 6e^-$ $\quad E^0_{yük} = +1,662\ V$


Katot tepkimesi : $3Mg^{2+}(suda) + 6e^- \rightarrow 3Mg(k)$ $\quad E^0_{ind} = -2,363\ V$


Net tepkime : $2Al(k) + 3Mg^{2+}(suda) \rightarrow 2Al^{3+}(suda) + 3Mg(k)$ $\quad E^0_{hücre} = -0,701\ V$

$E^0_{hücre}$ değeri negatif çıktığı için redoks tepkimesi istemli olarak gerçekleşmez.

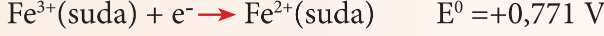
Alıştırma

1. Cu metali Cr^{3+} bulunan bir çözeltiye daldırılırsa bir tepkime olur mu? Oluşacak hücrenin potansiyelini hesaplayarak sonucu tartışınız.


$Cu^{2+}(suda) + 2e^{-} \rightarrow Cu(k)$ $E^0 = +0,337$ V


$Cr^{3+}(suda) + 3e^{-} \rightarrow Cr(k)$ $E^0 = -0,744$ V

2. $Ni^{2+}(suda) + 2e^{-} \rightarrow Ni(k)$ $E^0 = -0,250$ V


$Fe^{3+}(suda) + e^{-} \rightarrow Fe^{2+}(suda)$ $E^0 = +0,771$ V

Yukarıda verilen indirgenme potansiyellerine göre Fe^{3+} iyonları içeren bir çözelti nikel bir kapta saklanabilir mi?

1.3.4. Hücre Potansiyelini Etkileyen Faktörler ve Nernst Denklemi

Elektrokimyasal hücre potansiyellerinin doğru bir şekilde ölçümü önemlidir. Şimdiye kadar hücre potansiyellerinin hesaplanmasında standart şartlar (25 °C'de çözeltiler için 1,0 M, gazlar için 1,0 atm) kullanılmıştır. Fakat deneysel ölçümler her zaman standart şartlarda yapılmaz.

Hücre potansiyelini etkileyen faktörler; kullanılan elektrotların cinsi, sıcaklık, çözelti derişimleri ve basınçtır (gaz elektrotlar için).

Yarı hücrelerde anot ve katot olarak kullanılan elektrotlar değiştirildiğinde hücre potansiyelleri değişir. Çünkü hücre potansiyeli iki eletrodun standart potansiyeli arasındaki farktır. Elektrot cinsi değişince potansiyel fark da değişir.

Hücre potansiyelini etkileyen faktörlerden biri sıcaklıktır. Pil tepkimeleri gerçekleşirken enerji açığa çıkar. Yani pil tepkimeleri ekzotermiktir.


$$\mathbf{Mg(k) + Zn^{2+}(suda) \rightleftharpoons Mg^{2+}(suda) + Zn(k) + ısı}$$

Yukarıdaki pil tepkimesinin sıcaklığı artırılırsa denge Le Chatelier (Löşatülyi) ilkesine göre girenler yönüne kayar ve pil gerilimi azalır. Eğer tepkimenin sıcaklığı azaltılırsa denge, ürünler yönüne kayar ve pil potansiyeli artar.

Pil potansiyelini etkileyen diğer bir faktör ise çözeltinin derişimidir. Le Chatelier ilkesine göre yarı hücrelerdeki çözeltilerin derişimlerinin değişmesi elektrokimyasal hücre potansiyelini etkiler. Bu ilkeye göre bir pil tepkimesinde katot yarı hücresindeki derişim artırıldığında ya da anot yarı hücresindeki derişim azaltıldığında tepkime, ürünler yönünde ilerler ve hücre potansiyeli artar. Diğer taraftan katot yarı hücresindeki derişim azaltılırsa ya da anot yarı hücresindeki derişim artırılırsa tepkime, girenler yönünde ilerler ve hücre potansiyeli azalır. Hücre potansiyeli ile derişim arasındaki ilişkiyi ilk kez Alman kimyacı Walther Nernst (Valther Nerst) ortaya koymuştur.

Bir Hatırlatma

Saf katı ve sıvılar denge bağıntısında yer almaz.

$$\mathbf{E_{hücre} = E^0_{hücre} - \frac{0{,}0592}{n} \log Q}$$ **Nernst eşitliği**

Bu eşitlikte

$E_{hücre}$: Standart olmayan şartlardaki hücre potansiyelidir.

$E^0_{hücre}$: Aynı hücrenin standart şartlardaki hücre potansiyelidir.

n : Tepkimede alınan veya verilen elektron sayısıdır.

Q : Tepkime oranıdır (Denge sabiti).

Örneğin elektrokimyasal bir hücredeki

aA(k) + bB⁺(suda) ⇌ aA⁺(suda) + bB(k) tepkimesinde bir pilin potansiyeli genel olarak

$$E_{hücre} = E^0_{hücre} - \frac{0{,}0592}{n} \log \frac{[A^+]^a}{[B^+]^b}$$

eşitliğinden hesaplanır. Bu eşitlikteki $[A^+]$ ve $[B^+]$ deney şartlarındaki A^+ ve B^+ iyonlarının derişimleridir.

Örnek



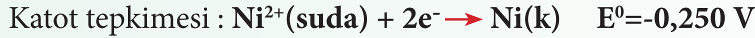
$Ni^{2+}(suda) + Co(k) \rightleftharpoons Ni(k) + Co^{2+}(suda)$

Verilen elektrokimyasal hücrenin potansiyelini hesaplayınız ve sonucu 1,0 M $[Ni^{2+}]$ ve 0,1 M $[Co^{2+}]$ çözeltileri kullanılarak hazırlanan pil potansiyeli ile karşılaştırınız. ($E^0_{Ni^{2+}/Ni}$=-0,250 V $E^0_{Co^{2+}/Co}$=-0,277 V)

Çözüm



Anot tepkimesi : $\mathbf{Co(k) \rightarrow Co^{+2}(suda) + 2e^-}$ $\mathbf{E^0=+0{,}277\ V}$



Katot tepkimesi : $\mathbf{Ni^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Ni(k)}$ $\mathbf{E^0=-0{,}250\ V}$



Net tepkime : $\mathbf{Co(k) + Ni^{2+}(suda) \rightleftharpoons Co^{2+}(suda) + Ni(k)}$ $\mathbf{E^0_{hücre}=+0{,}027\ V}$

$$E_{hücre} = E^0_{hücre} - \frac{0{,}0592}{n} \log \frac{[Co^{2+}]}{[Ni^{2+}]}$$

$$E_{hücre} = 0{,}027 - \frac{0{,}0592}{2} \log \frac{[0{,}1]}{[1{,}0]}$$

$$= 0{,}027 + 0{,}0296$$

$$= +0{,}0566\ V$$

Bu örnekten anlaşıldığı üzere elektrokimyasal hücre potansiyeli, tepkimeye girenlerin ve ürünlerin derişimine bağlı olarak değişir. Örnekte standart koşullarda 0,027 V olan hücre potansiyeli, ürün derişiminin azaltılması ile 0,0566 volta yükselmiştir.

Alıştırma



$Zn(k) + 2H^+(suda) \rightarrow Zn^{2+}(suda) + H_2(g)$

Verilen elektrokimyasal hücrenin hücre potansiyellerini aşağıdaki şartlara göre hesaplayınız. ($E^0_{Zn^{2+}/Zn}$=-0,763 V $E^0_{H^+/H_2}$=0,00 V)

a) Standart şartlar

b) 0,01 M $[Zn^{2+}]$, 0,01 M $[H^+]$

c) 0,1 M $[Zn^{2+}]$, 0,01 M $[H^+]$

Örnek

Standart şartlarda çalışan Cu(k) | Cu^{2+}(suda, 1M) || Ag^{+}(suda, 1M) | Ag(k) hücresine aşağıdaki işlemler ayrı ayrı uygulanıyor. Buna göre hücre potansiyelinin nasıl etkileneceğini açıklayınız.

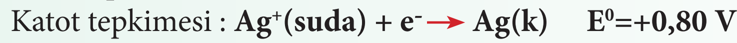
($E^0_{Ag^+/Ag}$=+0,8 V, $E^0_{Cu^{2+}/Cu}$=+0,34 V)

a) Sıcaklık artırılıyor.
b) Anot kabına ZnS katısı ekleniyor. (CuS katısı suda az çözünen bir tuzdur.)
c) Katot kabına bir miktar su ekleniyor.

Çözüm

Öncelikle hücrenin anot ve katot elektrotları belirlenir. Ag^+ iyonunun indirgenme potansiyeli Cu^{2+} iyonundan büyük olduğu için bu hücrenin katodu Ag metali, anodu ise Cu metalidir.


Anot tepkimesi : **Cu(k) → Cu^{2+}(suda) + $2e^-$ E^0=-0,34 V**


Katot tepkimesi : **Ag^+(suda) + e^- → Ag(k) E^0=+0,80 V**


Net tepkime : **$2Ag^+$(suda) + Cu(k) → 2Ag(k) + Cu^{2+}(suda) $E^0_{hücre}$=+0,56 V**

Buna göre

a) Galvanik hücrelerde tepkime ekzotermiktir. Sıcaklığın artırılması tepkimenin girenler yönünde hareket etmesine neden olur. Bu nedenle hücre potansiyeli azalır.
b) Anot kabına eklenen ZnS katısı Cu^{2+} iyonlarının CuS katısı olarak çökmesine neden olur. Bu durumda anot kabının derişimi azalır. Anot kabının derişiminin azalması dengenin ürünler yönüne kaymasına neden olur. Bu durum hücre potansiyelini artırır.
c) Katot kabına su eklendiğinde kaptaki iyon derişimi azalır. Katot kabındaki iyon derişiminin azalması tepkimenin girenler yönünde hareket etmesine neden olur. Bu durum hücre potansiyelini azaltır.

Alıştırma

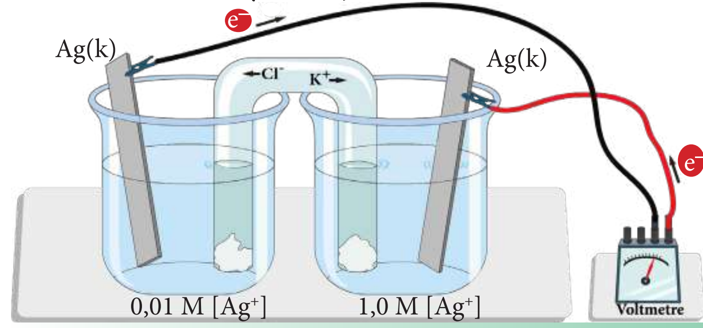
Standart şartlarda çalışan Ni(k) | Ni^{2+}(suda, 1M) || Ag^{+}(suda, 1M) | Ag(k) hücresine aşağıdaki işlemler ayrı ayrı uygulanıyor. Buna göre hücre potansiyelinin nasıl etkileneceğini açıklayınız.

($E^0_{Ag^+/Ag}$=+0,80 V $E^0_{Ni^{2+}/Ni}$=-0,25 V)

a) Sıcaklık azaltılıyor.
b) Katot kabına $CaCO_3$ tuzu ekleniyor. (Ag_2CO_3 suda az çözünen bir tuzdur.)
c) Anot kabından sabit sıcaklıkta bir miktar su uzaklaştırılıyor.

1.3.5. Derişim Hücreleri

Elektrolit derişimleri farklı olan ve aynı metalden yapılmış iki elektrodun biri anot, diğeri katot olacak şekilde kullanılmasıyla hazırlanan hücreye **derişim hücresi** denir (Görsel 1.19).

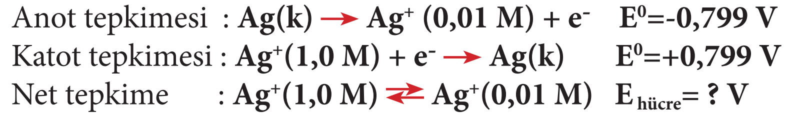


Görsel 1.19: Derişim hücresi

Derişim hücrelerinde anot ve katot olarak aynı elektrotlar kullanıldığı için standart pil potansiyeli $E^0_{hücre}=0$ olacaktır. Elektrolit derişimleri de aynı olursa Nernst eşitliğine göre logQ=0 olacağından pil potansiyeli $E_{hücre}=0$ olur ve böyle bir pil çalışmaz. Elektrolit derişimleri farklı olursa sadece derişim farkından yararlanarak çalışan bir pil yapılabilir. Bu pil, derişimler birbirine eşitleninceye kadar çalışır.

Bir pilin çalışması için $E^0_{hücre}$ değerinin pozitif olması gerekir. $E^0_{hücre}$ değerinin pozitif olması için Nernst eşitliğine göre logQ değerinin negatif çıkması gerekir. Bu nedenle derişim pillerinde derişimi az olan yarı hücre daima anot olarak alınır.

Görsel 1.19'da verilen hücrenin potansiyeli şu şekilde hesaplanır:



Anot tepkimesi : **$Ag(k) \rightarrow Ag^+ (0,01\ M) + e^-$** **$E^0=-0,799$ V**

Katot tepkimesi : **$Ag^+(1,0\ M) + e^- \rightarrow Ag(k)$** **$E^0=+0,799$ V**

Net tepkime : **$Ag^+(1,0\ M) \rightleftharpoons Ag^+(0,01\ M)$** **$E_{hücre}=$? V**

$$E_{hücre} = E^0_{hücre} - \frac{0,0592}{n} log \frac{[Ag^+]_{seyreltik}}{[Ag^+]_{derişik}} \qquad E_{hücre}=0 - \frac{0,0592}{1} log\frac{0,01}{1,0} \qquad E_{hücre}=0,1184\ V$$

Örnek

25 °C'de 0,01 M ve 0,1 M Cu^{2+} çözeltileri ve Cu elektrotları kullanılarak hazırlanan pilin potansiyelini hesaplayınız.

Çözüm



$Cu(k) + Cu^{2+}(0,1\ M) \rightleftharpoons Cu^{2+}(0,01\ M) + Cu(k)$

$$E_{hücre} = E^0_{hücre} - \frac{0,0592}{n} log \frac{[Cu^{2+}]_{seyreltik}}{[Cu^{2+}]_{derişik}} \qquad E_{hücre} = 0 - \frac{0,0592}{2} log\frac{0,01}{1,0} \qquad E_{hücre}=-0,0296(-1)$$

$$E_{hücre}=+0,0296\ V$$

Alıştırma

İki alüminyum (Al) elektrottan biri 0,01 M, diğeri 1 M alüminyum iyonu çözeltisine batırılmıştır. Buna göre anot ve katot tepkimelerini yazarak pil potansiyelini hesaplayınız.

1.4. KİMYASALLARDAN ELEKTRİK ÜRETİMİ

Günlük hayatta trafik lambası ve cep telefonu gibi cihazlarla sıklıkla karşılaşmak mümkündür (Görsel 1.20). Her iki cihazın da çalışabilmesi için elektrik enerjisine ihtiyaç vardır. Bu cihazlarda elektrik enerjisi elde etmek için pil kullanılır. Ancak görseldeki cihazlarda kullanılan pillerin türü farklıdır. Bu piller arasında ne gibi farklılıklar vardır? Her pilin kullanım süresi birbiriyle aynı mıdır?

Bu konuda tuz köprüsünün piller için önemi, bir pilin kullanım ömrü, çeşitli pil türleri ve bunların kullanım alanları ele alınacaktır.



Görsel 1.20: Trafik lambası ve cep telefonu

1.4.1. Pil Gerilimi ve Ömrü

Satın alınan her çeşit pilin üzerinde, sahip olduğu kimyasal sisteme göre anot ve katot arasındaki potansiyel farkını gösteren ve volt (V) cinsinden ifade edilen gerilim değeri yazılıdır. Bu gerilim, pilin hiçbir harici devreye bağlı olmaksızın sahip olduğu açık devre gerilimidir.

Yarı hücrelerdeki elektrotların cinsi ve kullanılan çözeltilerin derişimi galvanik bir hücrenin gerilimini etkiler. Galvanik hücrenin büyüklüğü, elektrot kütlesi, elektrodun temas yüzeyi ve çözelti hacmi (derişim ve sıcaklık sabit kalmak koşulu ile) pil potansiyelini etkilemez. Sadece pilin çalışma süresini değiştirir. Pilin içinde ne kadar elektrolit ve elektrot varsa pil kapasitesi o kadar yüksek olur. Bu yüzden aynı voltajı sağlayan küçük pillerin ömrü büyük pillere göre daha azdır. Pillerin bitme süreleri; hücrelerin içindeki kimyasal reaksiyonlardan dolayı akımın büyüklüğü, akım süresi, sıcaklık ve diğer başka faktörler gibi çevresel etmenlere göre değişebilir.

Sıcaklık arttıkça kimyasal tepkimelerin hızı da artar. Bu nedenle sıcaklık artışı pil performansını artırıcı bir etken olarak görülse de istenmeyen tepkimeleri beraberinde getirebilir. Bunun sonucunda pil ömründe kayıplar ortaya çıkar. Sıcaklığın artması pilin çalışma ömrünü azaltır. Pil yüksek sıcaklıklarda ve yüksek akım değerleri ile kullanılıyorsa pilin çalışma ömrü kısalır. Ayrıca sıcaklık, pilin raf ömrünü de kısaltır.

Bünyelerindeki aktif maddelerin kaybı ve istenmeyen kimyasal veya fiziksel değişimlerin sonucunda pillerin ömürleri tükenir. Tükenen piller çevreye veya çöpe atılmamalıdır. Çünkü atık pillerin içerisindeki çeşitli kimyasal maddeler çöp depolama alanlarında yer altı sularına ve toprağa karışarak kirliliğe yol açabilir.

Atık pillerin geri kazanımı hem ülke ekonomisi hem de çevre için oldukça önemlidir. Bu konuyla ilgili Gençlik ve Spor Bakanlığının **Genç Gönüllüler Projesi** kapsamında önemli çalışmalar yapılmaktadır.

Biliyor musunuz?

Ağır metal içeren bir kalem pil yaklaşık 600 bin litre suyu kullanılamaz hâle getirir.



Genç Gönüllüler Projesi sayfasına ulaşmak için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

Deney

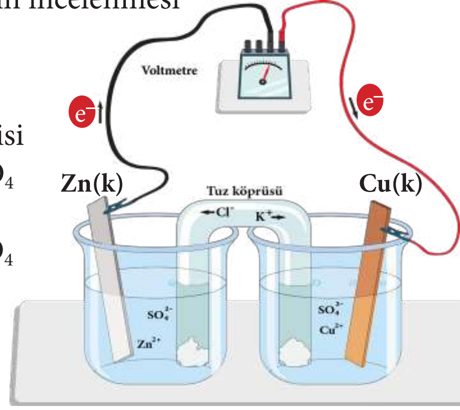
Derişim ve Sıcaklığın Pil Gerilimine Etkisi

Amaç

Derişimin toplam pil gerilimi üzerindeki etkisinin incelenmesi

Madde ve Malzemeler

- 100 mL' lik beher (4 adet)
- Cam U boru
- Voltmetre
- Termometre
- Cam pamuğu
- Isıtıcı
- Bakır şerit
- Bakır tel
- Doygun KCl çözeltisi
- 0,5 M ve 1 M $CuSO_4$ çözeltileri
- 0,5 M ve 1 M $ZnSO_4$ çözeltileri
- Çinko şerit
- Agar



Görsel 1.21: Deney düzeneği



Deneyin Yapılışı

Pil düzeneğini hazırlamak için ekip arkadaşlarınız arasında iş bölümü yaparak aşağıdaki adımları takip ediniz.

1. Dört beherden birincisini 1 M $CuSO_4$, ikincisini 1 M $ZnSO_4$, üçüncüsünü 0,5 M $CuSO_4$, dördüncüsünü ise 0,5 M $ZnSO_4$ ile doldurunuz ve çözeltilerin sıcaklıklarını not ediniz.
2. Cam U boruyu doygun KCl ve agar ile doldurarak borunun uçlarını cam pamuğu ile kapatınız.
3. Bakır şeridi 1 M $CuSO_4$ çözeltisine, çinko şeridi 1 M $ZnSO_4$ çözeltisine batırarak görseldeki düzeneği kurunuz.
4. Voltmetre ibresindeki sapmayı okuyunuz.
5. Aynı işlemleri aşağıdaki tabloda belirtilen tüm kombinasyonlar için tekrarlayınız.
6. Bu deneye ilişkin verileri aşağıdaki tabloya yazınız.

Hücre	Sıcaklık	Ölçülen Potansiyel	Standart Potansiyel
Zn(k) | Zn^{2+}(1 M) || Cu^{2+}(1 M) | Cu(k)	25 °C		
Zn(k) | Zn^{2+}(1 M) || Cu^{2+}(1 M) | Cu(k)	30 °C		
Zn(k) | Zn^{2+} (0,5 M) || Cu^{2+} (1 M) | Cu(k)	25 °C		
Zn(k) | Zn^{2+} (0,5 M) || Cu^{2+} (0,5 M) | Cu(k)	25 °C		

Sorular

1. İlk pilde ölçülen değer ile standart pil potansiyelinin değeri arasında bir fark oluştu mu?
2. İkinci pilde ölçülen potansiyelin standart potansiyelden düşük olmasının sebebini tartışınız.
3. Son iki pilin potansiyel değerleri standart potansiyelden farklı mı? Eğer farklı ise bunun sebepleri neler olabilir?

Yorumlarınız

....

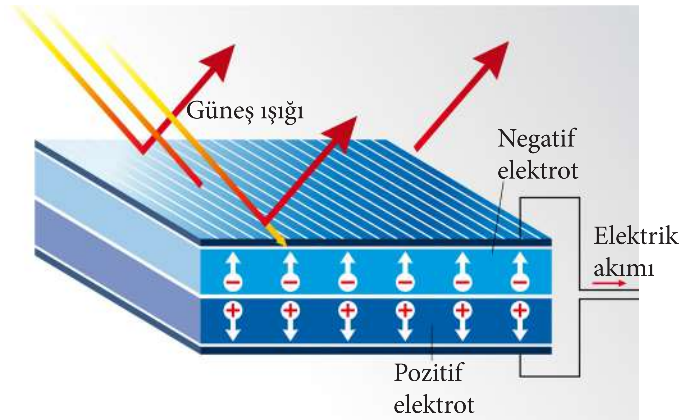
1.4.2. Piller

Depoladığı kimyasal enerjiyi daha sonra elektrik enerjisine dönüştürebilen düzeneklere **pil** denir. Günümüzde enerjiye olan büyük ihtiyaçtan dolayı çeşitli pil düzenekleri geliştirilmiştir.

Güneş Pilleri

Güneş enerjisi, Güneş'in çekirdeğindeki füzyon süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisidir. Bu süreç Güneş'teki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklinde gerçekleşir. Güneş enerjisinin dünyaya gelen çok küçük bir bölümü dahi insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Güneş enerjisinden faydalanma konusundaki çalışmalar 1970'lerden sonra hız kazanmıştır.

Güneş enerjisinden ısı, ışık ve elektrik üretiminde faydalanılır. Yüzeylerine gelen güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren sistemlere **fotovoltaik piller** veya **güneş pilleri** denir. Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak %40'a varan bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir (Görsel 1.22).



Görsel 1.22: Güneş pilinden elektrik üretme



Görsel 1.23: Güneş piliyle kaplanmış çatı

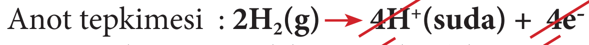
Güneş pillerinin yüzeyi ışığa duyarlı ve çok katmanlıdır. Yüzeye gelen güneş ışınları yüzeyler arasında bir potansiyel farkı oluşturur ve bu potansiyel farkı elektrik akımını meydana getirir. Güneş pili yapımında anorganik yarı iletken malzemeler kullanılır. Bu pillerin sağladığı enerji ile hesap makineleri gibi küçük cihazları çalıştırabilmek, bir evin ya da bir ülkenin enerji ihtiyacını karşılayabilmek de mümkündür (Görsel 1.23).

Yakıt Pilleri

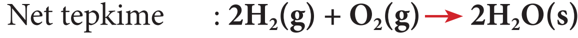
H_2, CO veya CH_4 gibi yakıtların yanma enerjilerini doğrudan elektrik enerjisine çevirmek için tasarlanmış elektriksel pillere **yakıt pilleri** denir. Bu piller, içindeki harcanan maddelerin yerine sürekli olarak yenisi konulabildiği için uzun süre çalışmaya devam eder. İki çeşit yakıt pili vardır:

a) Hidrojen-Oksijen Yakıtlı Pil

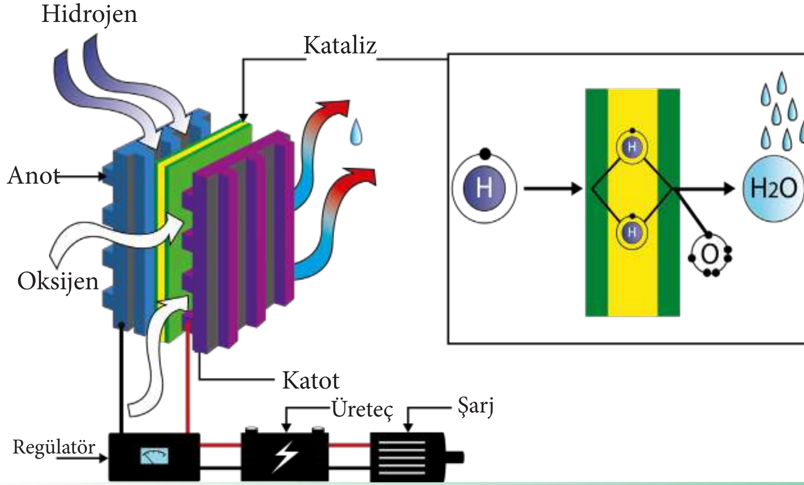
Bu pilin elektrotları platin (Pt) ile kaplanmış titanyum (Ti) tel kafeslerdir. Bu pillerde elektrolit olarak KOH çözeltisi emdirilmiş asbest kullanılır. Ortada bir fitil bulunur ve bu fitil sürekli su çekerek elektrolitin ıslak kalmasını sağlar. Pile bir taraftan H_2, diğer taraftan O_2 gazı gönderilir. Bu pildeki tepkimeler şu şekildedir:


Anot tepkimesi : $\mathbf{2H_2(g) \rightarrow 4H^+(suda) + 4e^-}$


Katot tepkimesi : $\mathbf{O_2(g) + 4H^+(suda) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(s)}$


Net tepkime : $\mathbf{2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(s)}$

Bu tepkimelerle kimyasal enerji elektrik enerjisine dönüştürülmüş olur (Görsel 1.24). Tepkimede açığa çıkan su, içme suyu olarak kullanılabilir.



Görsel 1.24: Hidrojen-oksijen yakıtlı pil

b) Hidrokarbon-Hava Yakıtlı Pil

Bu pilin şekli hidrojen-oksijen yakıtlı pil gibidir. Ancak bu pillerde pahalı olan H_2 yerine hidrokarbonlar, O_2 kaynağı olarak hava, elektrolit olarak da H_3PO_4 çözeltisi kullanılır. Bu pilden H_2-O_2 yakıtlı pildeki gibi kuvvetli akım çekilemez ama hidrokarbonların ucuz ve depolanmalarının kolay olmasından dolayı hidrokarbon-hava yakıtlı pil tercih edilir.

Lityum İyon Pilleri

Şarj edilebilen en yeni ve en pahalı pil lityum iyon pilidir. Bu piller lityum iyonlarının anottan katoda doğru hareketi ile oluşur. Anot, lityum iyonlarının grafitteki karbon atomu katmanları arasına girmesiyle meydana gelir. Lityum iyon pilleri hafif olduğu ve yüksek pil potansiyeli ürettiği için tercih edilir. Bu pillerin kullanım alanları; dijital kameralar, dizüstü bilgisayarlar ve cep telefonları olarak sıralanabilir (Görsel 1.25).



Görsel 1.25: Lityum iyon pili

ÖDEV

Güneş, yakıt ve lityum iyon pillerinin güncel kullanım alanlarını açıklayan elektronik bir sunum hazırlayınız. Sunumunuzu sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız. Genel Ağ (İnternet) kaynaklarını kullanırken edu.tr, gov.tr uzantılı kaynakları tercih ediniz.

1.5. ELEKTROLİZ

Alüminyum (Görsel 1.26), kendine has özellikleri ve hafifliği nedeni ile çok geniş bir uygulama alanına (uzay, uçak, taşıt, elektrik, inşaat, ambalaj, elektronik, ev gereçleri vb.) sahiptir ve çağın metali olarak adlandırılır. Alüminyum doğada cevher hâlinde bulunur. Bundan iki yüz yıl öncesine kadar alüminyumu saf hâlde elde etmek oldukça pahalı bir işlemdi. Bu nedenle alüminyum çok kıymetli bir metal olarak kabul ediliyordu. Öyle ki III. Napolyon'un, devlet yemeklerinde kendisine alüminyum yemek takımlarıyla, diğer devlet büyüklerine ise önem sırasına göre altın ve gümüş yemek takımlarıyla yemek servisi yaptırdığı bilinir. Ancak elektriğin keşfedilmesi ve madde üzerindeki etkilerinin anlaşılması bu durumu değiştirmiştir. Günümüzde alüminyum gibi pek çok metali saflaştırmak için elektrik akımı kullanılır. Metal cevherlerinin eriyiklerinden elektrik akımı geçirildiğinde metalleri saf hâlde elde etmek mümkün olur. Bu sayede pek çok metal, sanayide ve günlük hayatta yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Elektriğin madde üzerinde ne gibi etkileri vardır?

Bu konuda Faraday Yasaları ve elektroliz ele alınacaktır.

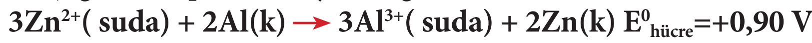


Görsel 1.26: Alüminyum metali

1.5.1. Elektrik ve Madde İlişkisi

Elektrokimyasal pillerde istemli bir redoks tepkimesi sonucunda elektrik akımı meydana gelir ve bu tepkimelerin standart pil potansiyeli sıfırdan büyüktür. Bununla beraber istemsiz bir redoks tepkimesinin gerçekleşebilmesi için tepkimeye dışarıdan elektrik akımı uygulamak gerekir. Elektrik enerjisinin kimyasal bir değişim meydana getirmesi olayına **elektroliz** denir. Ancak her istemsiz redoks tepkimesi elektrikle gerçekleşmeyebilir. Elektroliz, elektrolitik hücrelerde gerçekleştirilir.

Elektrolitik hücrelerde tepkimenin gerçekleşebilmesi için hücreye istemli redoks tepkimesinde açığa çıkan potansiyelin üstünde bir potansiyel uygulamak gerekir. Örneğin galvanik $Al(k)|Al^{3+}(suda)||Zn^{2+}(suda)|Zn(k)$ hücresinde istemli bir şekilde aşağıdaki tepkime meydana gelir.



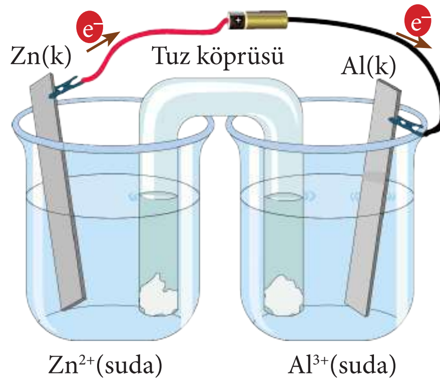
$$3Zn^{2+}(suda) + 2Al(k) \rightarrow 3Al^{3+}(suda) + 2Zn(k) \quad E^0_{hücre}=+0,90\ V$$

Bu tepkimenin tersi istemsizdir ve tepkimeyi meydana getirmek için 0,90 voltun üzerinde bir potansiyel gereklidir. İstemsiz tepkime denklemi şu şekildedir:



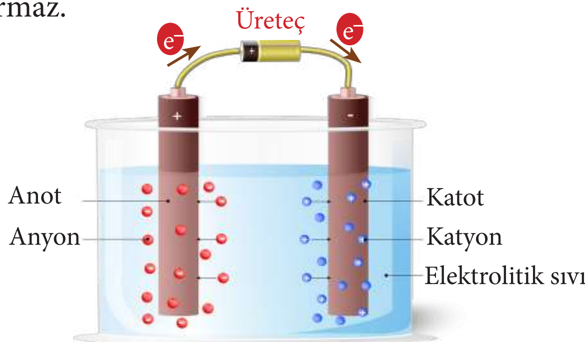
$$3Al^{3+}(suda) + 2Zn(k) \rightarrow 3Zn^{2+}(suda) + 2Al(k)$$

Elektrik akımı sayesinde devredeki elektron akışı ters çevrilir ve istemsiz redoks tepkimesi meydana getirilir (Görsel 1.27).



Görsel 1.27: Zn/Al elektrolitik hücre

Elektrolitik hücrelerde, elektrotlar ayrı kaplarda olabileceği gibi aynı kapta da (Görsel 1.28) olabilir. Bu durum elektrolitik ve galvanik hücre arasında elektrokimyasal olaylar açısından bir fark oluşturmaz.



Görsel 1.28: Elektrolitik hücre

Dikkat!

Katı hâldeki ve gaz hâlindeki maddeler elektroliz edilemez.

1.5.2. Elektrolizin Nicel Yorumu

Elektroliz süresince galvanik hücrelerde olduğu gibi anotta yükseltgenme, katotta indirgenme meydana gelir. Tuz eriyikleri elektroliz edildiğinde anotta gaz çıkışı meydana gelirken katotta metal birikimi olur. Örneğin NaCl tuzu eriyiği elektroliz edildiğinde anotta Cl^- iyonları Cl_2 gazına yükseltgenirken katotta Na^+ iyonları Na katısına indirgenir.

Michael Faraday (Maykıl Faraday), bir elektrolitik hücreden akım geçmesi hâlinde elektrotlarda açığa çıkan madde miktarlarının elektroliz devresinden geçen akım miktarı ile doğru orantılı olduğunu bulmuştur. Bu yasaya Faraday'ın **Birinci Elektroliz Yasası** denir.

Elektriksel yük miktarı (Q) = Akım şiddeti (I) × zaman (t) şeklinde formüle edilir.

Elektriksel yükün birimi coulomb (kulon), akım şiddeti birimi amper, zaman birimi ise saniyedir. 1 mol elektron geçişi esnasında elektrik devresinden yaklaşık 96 500 C (kulon) elektrik yükü geçmiş olur. Bu sayı **Faraday sabiti** olarak bilinir ve 1 faradaylık (F) yük şeklinde adlandırılır. Başka bir ifadeyle $6{,}24.10^{18}$ tane elektron 1 coulomba eşittir veya elektrolitik bir hücrenin katodunda 1,118 mg gümüşü ayıran elektrik miktarı 1 coulombdur.

Örnek

İçinde bakır(II) sülfat ($CuSO_4$) çözeltisi bulunan bir elektroliz devresinden 0,2 mol elektron geçtiğinde katotta kaç gram Cu(k) birikir?
(Cu: 63,5 g/mol)

Çözüm

Katotta Cu^{2+} iyonları Cu katısına indirgenir. Katot yarı tepkime denklemi şu şekilde olur:



$$\mathbf{Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu(k)}$$

Katot tepkimesine göre 1 mol bakır katısı oluşması için devreden 2 mol elektron geçmesi gerekir. Devreden 0,2 mol elektron geçtiğinde katotta 0,1 mol Cu katısı birikir. Oluşan bakırın kütlesi şu şekilde hesaplanır:

$$n = \frac{m}{m_A} \qquad 0{,}1 = \frac{m}{63{,}5} \qquad m = 6{,}35 \text{ gram}$$

Alıştırma

İçinde Al_2O_3 sıvısı bulunan bir elektroliz devresinden 28 950 coulomb yük geçmektedir. Bu durumda

a) Katotta kaç gram alüminyum birikir?

b) Anotta açığa çıkan oksijen gazının normal şartlar altındaki hacmi kaç litredir?
(Al=27 g/mol)

Faraday tarafından ortaya konulan ikinci yasaya göre farklı elektrolitik hücrelerden aynı miktar elektrik akımı geçirildiğinde elektrotlarda biriken maddelerin eşdeğer kütleleri birbirine eşit olur. Eşdeğer kütle, iyon kütlesini iyonun elektriksel değerine bölerek hesaplanır.

Faraday'ın bu iki kanunu matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir:

$$\mathbf{m} = \frac{\mathbf{A \times I \times t}}{\mathbf{n \times 96\,500}}$$

Bu bağıntıda

m: Elektrotlarda açığa çıkan madde miktarını (gram),

A: Atom kütlesini (gram/mol),

n: Tesir değerliğini (alınan ya da verilen elektron sayısı),

I: Devreden geçen akım şiddetini (amper),

t: Akımın geçme süresini (saniye),

96 500: Faraday sabitini (C/mol) ifade eder.

Elektronik tablolama programları bu tür hesaplamalarda kolaylık sağlar. Böyle bir programa aşağıda verilen (Görsel 1.29) başlıklar girildikten sonra **=(A2×B2 ×C2)/(D2 ×96 500)** formülü E2 hücresine yazılır. A2, B2, C2 ve D2 hücrelerine ilgili değerler girilerek elektrotlarda açığa çıkan madde miktarı bulunur.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	A (g/mol)	I (amper)	t (saniye)	n (Tesir değerliği)	m (g)			
2	108	1,25	1800	1	2,51813472	(A2*B2*C2)/(D2*96500)		
3								

Görsel 1.29: Elektronik tablolama programında Faraday bağıntısının kurgulanması

Örnek

Bir gümüş nitrat ($AgNO_3$) çözeltisi 1,25 amperlik akımla 30 dakika süreyle elektroliz ediliyor. Katotta kaç gram Ag(k) birikir? (Ag:108 g/mol)

Çözüm

$AgNO_3$ çözeltisindeki Ag^+ iyonları bir elektron alarak gümüş metaline dönüşür. Bu da gümüşün tesir değerliğinin 1 olduğunu gösterir. Daha sonra Faraday bağıntısı yazılıp değerler yerine konularak sonuç bulunur.

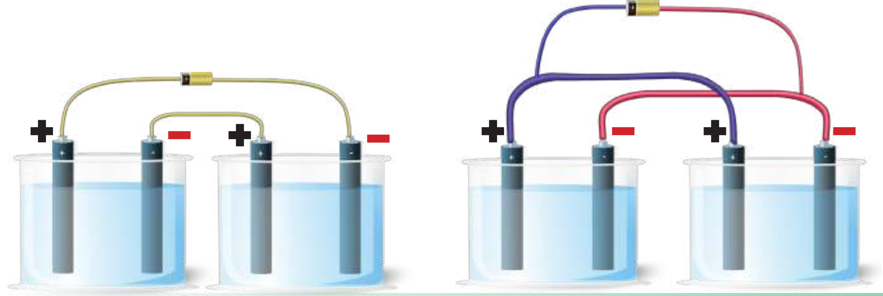
$$m = \frac{A \times I \times t}{n \times 96\,500} \qquad m = \frac{108 \times 1{,}25 \times 30 \times 60}{1 \times 96\,500}$$

m =2,52 gram

Alıştırma

Klor pek çok dezenfektanın yapısında bulunur. Kimya sanayisinde klor elde etmek için NaCl gibi alkali klorür tuzları elektroliz edilir. Buna göre içinde sıvı NaCl bulunan elektroliz devresinden 9650 coulomb yük geçtiğinde anotta kaç gram klor gazı toplanır? (Cl=35,5 g/mol)

Elektroliz devresi bir elektrik devresidir. Bu nedenle elektrolitik hücre kapları birbirine seri ya da paralel (Görsel 1.30) bağlanabilir. Bu işlemde dikkat edilecek husus şudur: Seri bağlanmış kapların tamamında aynı akım miktarı geçerken paralel bağlanmış kaplarda akım kollara ayrılır.



Görsel 1.30: Seri ve paralel bağlı elektroliz kapları

Örnek

Birbirine seri bağlı iki elektrolitik hücrenin birinde NaCl tuzu, diğerinde ise $CaCl_2$ tuzu eriyiği elektroliz ediliyor. Devreden 9650 coulomb akım geçtiğine göre katotlarda toplanacak olan madde miktarı kaçar gramdır?
(Na: 23 g/mol, Ca: 40 g/mol)

Çözüm

1 mol elektron yükü 96 500 coulombdur. 9650/96 500 =0,1 mol e^-
Kaplar seri bağlı olduğu için her bir kaptan 0,1 mol e^- geçmiş demektir.

Birinci kabın katodu:

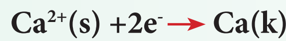


$Na^+(s) + e^- \rightarrow Na(k)$

Devreden 1 mol e^- geçtiğinde 1 mol Na metali toplanır.
Devreden 0,1 mol e^- geçtiğinde X mol Na metali toplanır.
X=0,1 mol Na metali

$n = \frac{m}{m_A}$ $\quad 0,1 = \frac{m}{23}$ $\quad$ m =2,3 gram Na metali toplanır.

İkinci kabın katodu:



$Ca^{2+}(s) + 2e^- \rightarrow Ca(k)$

Devreden 2 mol e^- geçtiğinde 1 mol Ca metali toplanır.
Devreden 0,1 mol e^- geçtiğinde X mol Ca metali toplanır.
X=0,05 mol Ca metali

$n = \frac{m}{m_A}$ $\quad 0,05 = \frac{m}{40}$ $\quad$ m=2 gram Ca metali toplanır.

Alıştırma

Birbirine seri bağlı iki kap 1930 amperlik akımla 10 saniye boyunca elektroliz ediliyor. Kaplardan birinde $AlCl_3$, diğerinde $MgCl_2$ eriyiği olduğuna göre açığa çıkacak toplam gaz hacmi normal koşullarda kaç litredir?

Deney

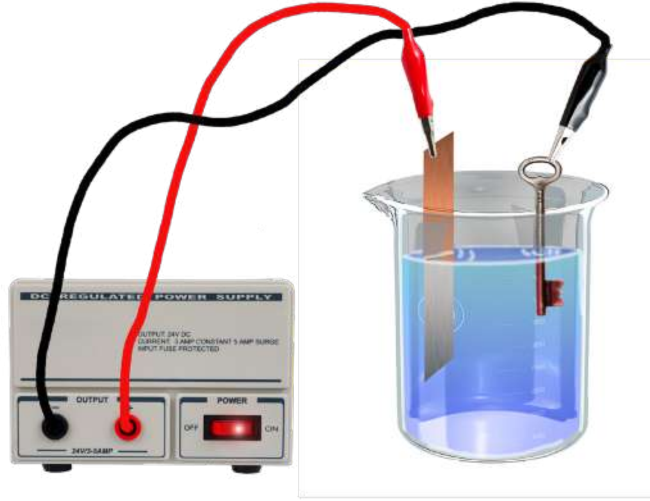
Elektroliz Yöntemiyle Bakır Kaplama

Amaç

Elektroliz olayının öğrenilmesi ve bir metal parçasının bakır ile kaplanması

Madde ve Malzemeler

- Doğru akım kaynağı
- 250 mL’lik beher (1 adet)
- Metal parçası (Anahtar olabilir.)
- Bakır elektrot (1 adet)
- Timsah uçlu bağlantı kablosu (2 adet)
- Terazi
- Kronometre
- Bakır(II) sülfat
- Çeşme suyu



Görsel 1.31: Deney düzeneği



Deneyin Yapılışı

1. Bilgisayardaki elektronik tablolama programında Faraday bağıntısını yapılandırınız.
2. Metal parçasını tartınız.
3. Beher içine bir miktar su koyunuz.
4. Suyun içine bakır(II) sülfat ekleyerek mavi renkli çözelti elde ediniz.
5. Metal parçasını (anahtar) üretecin negatif (-) kutbuna, bakır elektrodu ise timsah uçlu kablo yardımıyla pozitif (+) kutba bağlayınız.
6. Güç kaynağını çalıştırınız ve kronometreyi başlatınız.
7. Kaplama gerçekleştiği anda güç kaynağını ve kronometreyi durdurunuz.
8. Kaplanmış metal parçasını tartınız.
9. Tüm verilerinizi elektronik tablolama programına aktarınız.

Sizden sonra gelecek grubu göz önünde bulundurarak kullandığınız malzemeleri toplamadan laboratuvardan ayrılmayınız.

Sorular

1. Metal parçasını kaplayan bakır kaç moldür? (Cu=63,5 g/mol)
2. Elektronik tablolama programındaki sonuçlar ile deneyinizdeki sonuçlar arasında farklılık var mı? Bu farklılığın sebebi ne olabilir?

Yorumlarınız

....

....

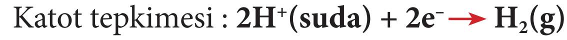
....

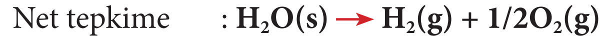
1.5.3. Elektrolizin Nitel Yorumu

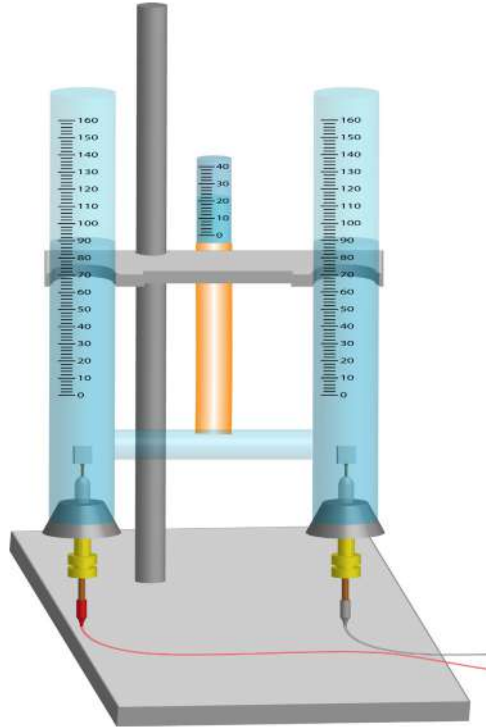
Elektroliz olayı sayesinde bir bileşiği bileşenlerine ayrıştırmak mümkündür ve bu olay sanayide yaygın biçimde kullanılır. Alüminyum ve diğer bazı metallerin üretilmesi ve saflaştırılması, çeşitli gazların elde edilmesi, birçok organik maddenin yükseltgenmesi ve indirgenmesi işlemlerinde elektroliz kullanılır. Günümüzde hidrojen gazı üretimi için suyun elektroliz edilmesi yaygın bir yöntemdir. Laboratuvar ortamında suyu elektroliz ederken kullanılan araçlardan biri de Hoffman voltametresidir (Görsel 1.32).

Saf su, oda şartlarında çok az miktarda iyonlaşabilir ve bu nedenle az miktarda elektrik iletir. Suyun iletkenliğini artırmak için elektroliz kabına bir miktar sülfürik asit katılabilir. Bu sayede elektroliz işlemi hızlanır. Su elektrolize uğradığında anotta oksijen gazı, katotta ise hidrojen gazı açığa çıkar. Elektroliz edilen suyun anot ve katot yarı tepkimeleri şu şekilde yazılır:


Anot tepkimesi : $\mathbf{H_2O(s) \rightarrow 1/2O_2(g) + 2H^+(suda) + 2e^-}$


Katot tepkimesi : $\mathbf{2H^+(suda) + 2e^- \rightarrow H_2(g)}$

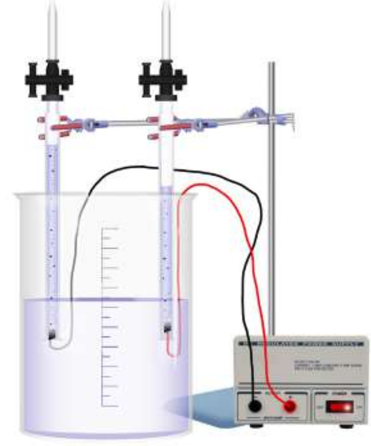

Net tepkime : $\mathbf{H_2O(s) \rightarrow H_2(g) + 1/2O_2(g)}$



Görsel 1.32: Hoffman voltametresi

Deney
Suyun Elektrolizi

Amaç
Elektroliz yöntemiyle suyu bileşenlerine ayırma


Görsel 1.33: Deney düzeneği

Madde ve Malzemeler
- Akım/gerilim kaynağı
- Büret (2 adet)
- Kıskaç (2 adet) ve spor
- Timsah uçlu bağlantı kablosu
- Çelik elektrot
- 1000 mL'lik beher (1 adet)
- Puar
- 500 mL saf su
- Fenolftalein



Deneyin Yapılışı
Elektroliz düzeneğini hazırlamak için ekip arkadaşlarınız arasında iş bölümü yaparak aşağıdaki adımları takip ediniz.

1. Beherin içine saf suyu koyunuz.
2. Suya birkaç damla fenolftalein ilave ediniz.
3. İki büreti ters ve muslukları açık olacak şekilde beherin içine daldırınız ve kıskaç yardımıyla sporlara tutturunuz.
4. Bir puarı büretin uç kısmına takıp havayı boşaltarak sıvının belirli bir seviyeye kadar yukarıya çekilmesini sağlayınız. Musluğu kapatarak puarı çıkartınız. Diğer büret için de aynı işlemi uygulayınız. Sıvının seviyesini not ediniz.
5. Elektrotların uç kısımlarını büretlerin içine yerleştiriniz ve dışarıda kalan kısımları timsah uçlu kablolar yardımıyla akım-gerilim kaynağının akım çıkışına bağlayınız. Güç kaynağını doğru akıma ayarlayınız.
6. Devreden 4 dakika süreyle akım geçiriniz.
7. Toplanan gazların hacimlerindeki değişimleri kaydediniz.

Sorular
1. Suya fenolftalein eklemenin amacı ne olabilir?
2. Toplanan gaz miktarlarını Faraday bağıntısını kullanarak hesaplayınız.

Yorumlarınız
....

....

....

....

1.6. KOROZYON

Kalaylama, eskiyen ve yıpranan bakır kap kacağın toz nişadır yardımıyla kalay ile kaplanması işlemidir (Görsel 1.34). Kalaycılık yakın zamana kadar seyyar olarak da icra edilen bir meslek olmasına karşın çelik, alüminyum, emaye ve teflon mutfak eşyalarının kullanımının artması ile bitme noktasına gelmiştir. Turistik bakır eşya imalatı kalaycılığın az da olsa devamını sağlamaktadır. Kalay kaplama olmadığında bakır kaplar kısa sürede oksitlenir ve bu durum zehirlenmelere neden olur. Bu oksitlenme metalde ne gibi etkilere sebep olur? Metalleri oksitlenmeden korumanın ne gibi yolları vardır?

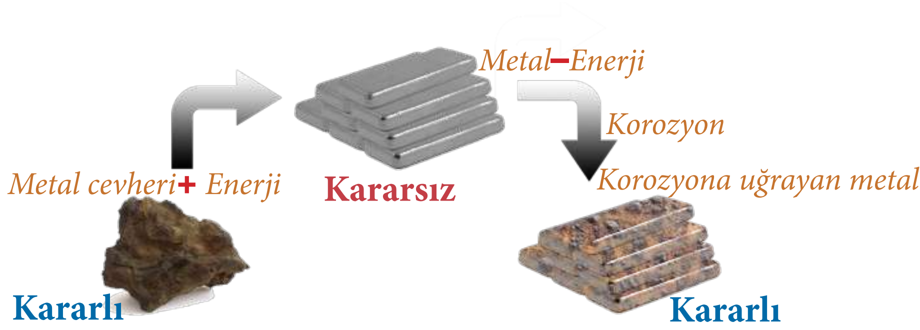
Bu bölümde korozyon ve korozyondan korunma yolları ele alınacaktır.



Görsel 1.34: Kalaylama işlemi

1.6.1. Metalik Özelliklerin Kaybolması

Korozyon, metallerin elektrokimyasal tepkimeler sonucu metalik özelliklerini kaybetmesi olayıdır. Altın ve platin dışındaki metaller doğada genellikle bileşikler hâlinde bulunur. Bu bileşikler metallerin en kararlı hâlidir ve bu hâlde iken metallerin serbest enerjileri en düşük durumdadır. Mineraller, metalürjik fırınlarda enerji harcanarak metal hâline dönüştürülür. Ancak metaller, üretilirken almış olduğu bu enerjiyi geri vererek doğada bulunduğu hâle dönme eğilimindedir (Görsel 1.35).



Görsel 1.35: Metallerin korozyona uğramasının nedeni

Demir, doğada genellikle çeşitli oksit mineralleri hâlinde bulunur. Yüksek sıcaklıktaki fırınlarda bu minarellerden elde edilen demir metali, zamanla korozyona uğrayarak pası oluşturur. Yine bakır kapların üzerinde zamanla oluşan yeşil tabaka ya da gümüş takılarda meydana gelen kararma da korozyona örnek olarak verilebilir.

Kimyasal korozyon, ıslaklık ve nemin olmadığı yüksek sıcaklıklarda meydana gelen oksitlenme tepkimeleridir. Kuru korozyon olarak da bilinen bu olay, bir gaz ortamında meydana gelir. Yüksek sıcaklıklarda demir veya çelik malzemelerin yüzeyinde oluşan pas buna örnek verilebilir. Bunun dışında meydana gelen korozyonlar ise elektrokimyasaldır. Korozyon için istenmeyen elektrokimyasal hücre de denebilir. Elektrolit olan bütün çözeltiler, doğal sular veya beton elektrokimyasal olarak korozyona neden olabilir. Rutubetli havada bulunan su buharı da metal yüzeyinde yoğunlaşarak korozyon için uygun bir elektrolitik ortam oluşturur. Bu nedenle atmosfer içinde gerçekleşen korozyon olayları da elektrokimyasal tepkimeler ile gerçekleşir.

Her metali farklı biçimde etkileyen korozyon, ya metalin oksitlenmesi ve aşınması ya da parlak renginin kaybolması biçiminde görülebilir (Görsel 1.36). Korozyon, birbirinden farklı iki metalin birleşim yerlerinde daha hızlı ilerleyebilir. Metalin dayanıklılığı, korozyon sonucu meydana gelen kırılma ve kopma ile yok olur.



Görsel 1.36: Korozyona uğramış araba kaportası

1.6.2. Korozyondan Korunma


Görsel 1.37: *Boyanmış paslı metal*

Korozyon, kaynakların ve ürünlerin boşa harcanmasına, üretimin durmasına ve birçok kazaya neden olur. Bu nedenle metal malzemeleri korozyondan korumak amacıyla çeşitli yöntemler kullanılır. Korozyon bir yüzey olayıdır, metal ile ortamın temas yeri olan ara yüzeyde oluşur. Metalin ortamla etkileşimi çeşitli yöntemlerle kesilerek korozyon engellenmeye çalışılır. Bu yöntemlerin başında pasif bir koruma yöntemi olan boyama işlemi gelir. Metal üstündeki boya tabakası metalin ortamla olan etkileşimini keserek korozyona engel olur. Boyama işlemi ekonomik olmasına rağmen zamanla boyada meydana gelen aşınma korozyondan tam korunmayı sağlamaz (Görsel 1.37). Bunun dışında çeşitli metalik, organik ve anorganik kaplama yöntemleri de kullanılır.

Elektrolitik yöntemle metalleri kaplama, korozyondan korunma yöntemlerinden biridir. Elektrolitik metal kaplama, metalik olan veya olmayan bir malzeme yüzeyine elektrokimyasal metotlarla bir film oluşturulmasıdır. Günlük yaşamda bu yöntem kullanılarak üretilmiş pek çok ürün bulunur: titanyum kaplama saatler, altın kaplama takılar, granit kaplama tavalar... Bu işlemde temel ilke, kaplama malzemesinin kaplanan metale göre ortamdan daha az etkilenmesidir. Ancak kaplama yüzeyinde oluşan çizik veya gözenekler kaplanan metalin korozyona uğramasına neden olur.


Görsel 1.38: Gemi zinciri

Korozyondan korunmada en etkin yöntem **katodik koruma** yöntemidir. Kurban elektrot yöntemi olarak da bilinen katodik koruma tekniği özellikle demir, bakır, kurşun, alüminyum gibi metallere ve bazı alaşımlara uygulanır. Metal veya alaşımlara katodik korumanın uygulanabilmesi için bu metaller sulu bir çözelti içine daldırılmış veya metallerin çevreleri ıslak maddelerle sarılmış olmalıdır.

Doğal sular, içlerinde bulunan çözünmüş iyonlar nedeniyle bir elektrolit rolü üstlenir. Suyla temas eden metal yüzeyindeki bazı bölgeler anot, bazı bölgeler de katot özelliği gösterir. Böylece metal yüzeyinde mikro veya makro büyüklükte korozyon oluşabilir (Görsel 1.38). Bu korozyonun nedeni, metal bileşimindeki safsızlık ya da yüzey temizleme işlemlerinden ileri gelen kabuk veya çatlaklardır. Metalden veya elektrolitten kaynaklanan bu heterojen yapı, metal yüzeyinde bir potansiyel farkının oluşmasına neden olur. Korozyon sonucu anotta çözünen metal, iyon hâlinde çözeltiye geçer. Eğer metal demir ise anot tepkimesi şu şekildedir:



$$\mathbf{Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-}$$

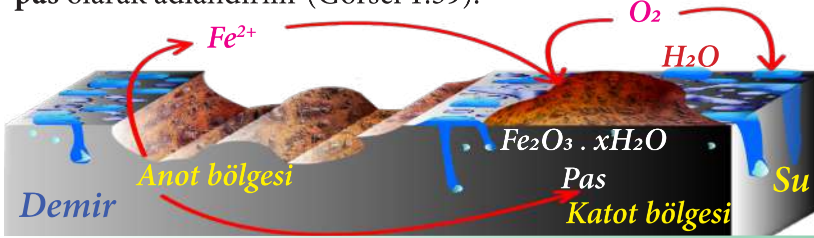
Bu reaksiyon sonucu ortaya çıkan elektronlar metalin içinden akarak katot bölgesine gider. Korozyon olayının devamı için katotta bir indirgeme tepkimesi meydana gelmesi ve bu

elektronların kullanılması gerekir. Katot tepkimesi işe şu şekildedir:



$$1/2O_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^-$$

Anot ve katot tepkimeleri sonucu $Fe(OH)_2$ bileşiği oluşur. Ortamın asidik olması durumunda $Fe(OH)_2$ bileşiği oksijenle tepkimeye girerek $Fe_2O_3.xH_2O$ bileşiğini oluşturur. Bu bileşik **pas** olarak adlandırılır (Görsel 1.39).



Görsel 1.39: Islak demirin paslanması

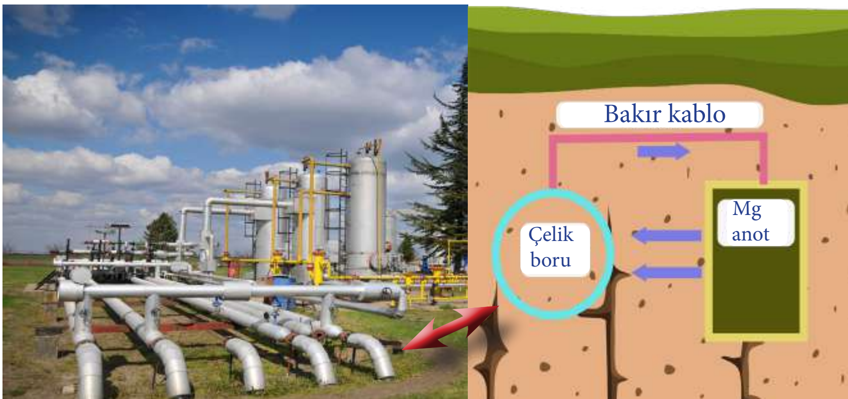
Korozyon olayı bu iki tepkimenin bir arada yürümesi ile gerçekleşir. Elektronlar anottan katoda doğru metal üzerinden akar. Katot tepkimesi anottan gelen bu elektronları kullanarak yayılır. Eğer katotta bu elektronlar kullanılamaz ise bu durumda anottaki yükseltgenme tepkimesi de gerçekleşmez ve korozyon meydana gelmez. Katodik koruma yöntemi bu temele dayanır.

Bir metal ne derece aktif ise (iyon hâline geçme isteği ne derece yüksek ise) o metalin korozyona uğraması da o derece kolay olur. Bu nedenle korunmak istenen metale kendisinden daha aktif bir metal (kurban elektrot) bağlanacak olursa katot tepkimesi için gerekli olan tüm elektronlar bu aktif metalden gelir. Kurban elektrot olarak genellikle alüminyum, çinko ve magnezyum metalleri kullanılır. Bu durumda korunmak istenen metal yerine bu eklenen metal parçaları korozyona uğrar ve zaman içinde bu parçaları değiştirmek daha kolay olur.

Günümüzde iskele ayakları, gemiler (Görsel 1.40), su ve petrol depolama tankları, kimyasal maddeleri taşıyan kaplar, ısı değiştiriciler, betonarme demirleri vb. birçok metalik yapı katodik yöntemle korunmaktadır. Özellikle yüksek basınçlı petrol ve doğal gaz boru hatlarının emniyetle işletilebilmesi ancak katodik koruma yapılarak mümkün olabilmektedir (Görsel 1.41).



Görsel 1.40: Katodik korumalı gemi pervanesi



Görsel 1.41: Doğal gaz boru hatlarında katodik koruma

A) Aşağıdaki soruların cevaplarını boş bırakılan yerlere yazınız.

1. Elektroliz sırasında bir eşdeğer gram madde biriktiren elektriksel yüke ne denir?

2. Elektrolit derişimleri farklı olan iki aynı elektrodun biri anot, diğeri katot olacak şekilde hazırlanmasıyla oluşan hücreye ne ad verilir?

3. İstemli bir redoks tepkimesinde kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren düzeneklere ne denir?

4. Kimyasal dönüşümlerin elektrik enerjisi ile gerçekleştiği hücrelere ne denir?

5. Bir elektroliz düzeneğinde "+" yüklü elektroda ne ad verilir?

6. Elektrokimyasal bir hücrede indirgenmenin olduğu elektroda ne ad verilir?

7. Bir galvanik hücrede elektronlar hangi elektrottan hareket etmeye başlar?

8. Galvanik hücrede iyonların geçmesine izin vererek yarı hücrelerdeki yük dengesinin bozulmasını ne önler?

9. İçindeki harcanan maddelerin yerine sürekli olarak yenisi konulabilen elektrokimyasal hücrelere ne ad verilir?

10. Metallerin, çevresi ile yaptığı elektrokimyasal tepkimeler sonucu metalik özelliklerini kaybetmesine ne ad verilir?

B) Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

11. Metalik bakırın (Cu) aşağıdaki yarı reaksiyonlara göre seyreltik sülfürik asit çözeltisi ile tepkime verip vermeyeceğini açıklayınız.

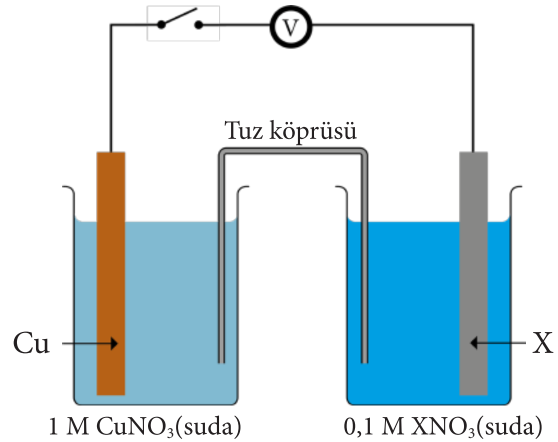

$Cu^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Cu(k) \quad E^0=+0,34\ V$


$2H^+(suda) + 2e^- \rightarrow H_2(g) \quad E^0=0,00\ V$

12. Bir tesisatçının elinde X, Y ve Z metallerinden yapılmış üç farklı boru vardır. Tesisatçı, X ve Y borularını birbirine bağladığında Y borusu korozyona uğrarken X borusu korozyona uğramıyor. Tesisatçı daha sonra X ve Z borularını birbirine bağladığında X borusu korozyona uğrarken Z borusu uğramıyor.
Buna göre tesisatçı Y ve Z borularını birbirine bağladığında hangi borunun korozyona uğrayacağını nedeniyle açıklayınız.

13. Bir öğrenci laboratuvarda metal bir spatül yardımıyla bir metal tuzu çözeltisini karıştırıyor. Bir müddet sonra spatülde aşınmalar meydana geldiğini gözlemliyor.
Bu aşınmaların sebebi ne olabilir?

14. Şekildeki gibi anahtarlı bir pil devresi kurulmuştur. Anahtar kapatıldığında bakır metalinde aşınma meydana gelmeye başlamıştır.
Voltmetrede ölçülen değer 0,22 volt olduğuna göre X metalinin indirgenme potansiyeli kaç volttur?
($E^0_{Cu^+/Cu}$=+0,51 V)



15. Erimiş $CdCl_2$ tuzunun elektrolizinde 1 faradaylık elektrik yükü kaç gram kadmiyumu indirger?
(Cd: 112 g/mol) (1 mol e^-= 96 500 C= 1 faraday)

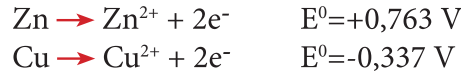
16. Aşağıda bazı elektrotların standart elektrot potansiyelleri verilmiştir.

$Ag \rightarrow Ag^{+} + e^{-}$	E^0=-0,779 V	$Pb \rightarrow Pb^{2+} + 2e^{-}$	E^0=+0,126 V
$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^{-}$	E^0=+1,662 V	$H_2 \rightarrow 2H^{+} + 2e^{-}$	E^0=0,000 V
$Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^{-}$	E^0=+2,363 V	$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$	E^0=+0,440 V
$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^{-}$	E^0=-0,337 V	$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^{-}$	E^0=+0,763 V

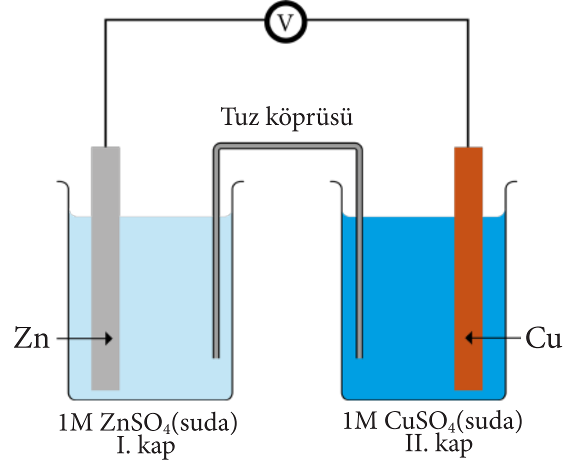
Standart elektrot potansiyellerini kullanarak aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

Kabın Yapıldığı Metal	Kapta Saklanacak Çözelti	Saklanır / Saklanamaz	Nedeni
Cu	$AlCl_3$		
Al	$MgCl_2$		
Pb	$AlCl_3$		
Zn	AgCl		
Mg	$FeCl_2$		
Ag	HCl		

17. Verilen pilde aşağıdaki değişiklikler yapılıyor.
Pil geriliminin nasıl etkileneceğini belirtiniz.



$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^{-}$ E^0=+0,763 V
$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^{-}$ E^0=-0,337 V



a) Zn yarı hücresine su ilavesi
b) Cu yarı hücresine su ilavesi
c) Her iki yarı hücreye aynı miktarda su ilavesi
ç) Zn elektrodun yüzeyinin artırılması
d) Zn yarı hücresine Na_2S tuzu eklenmesi (ZnS suda az çözünen bir tuzdur.)
e) Cu yarı hücresine Na_2S tuzu eklenmesi (CuS suda az çözünen bir tuzdur.)

18. Halojenlerin elektron alma eğilim sırası $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$ şeklindedir.
Buna göre
a) NaI çözeltisi içinden Cl_2 ,
b) NaF çözeltisi içinden Cl_2 ,
c) NaBr çözeltisi içinden Cl_2 ,
ç) NaCl çözeltisi içinden F_2 ,
d) NaBr çözeltisi içinden I_2
gazları geçirilirse çözeltilerin bulunduğu hangi kaplarda değişiklik olur? Değişiklik olanların tepkime denklemlerini yazınız.

19. 1,0 M Zn^{2+} ve 0,1 M Zn^{2+} çözeltileri kullanılarak hazırlanan derişim pilinin potansiyelini hesaplayınız.
($E^0_{Zn^{2+}/Zn}$=-0,76 V)

20. Aşağıda verilen redoks tepkimelerini denkleştiriniz.

a) $CuO + NH_3 \rightarrow Cu + N_2 + H_2O$

b) $NaClO_3 + SO_2 + H_2O \rightarrow NaCl + H_2SO_4$

c) $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O$

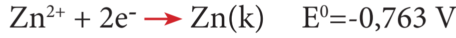
ç) $C_2H_4 + MnO_4^- \rightarrow C_2H_6O_2 + MnO_2$ (Bazik ortam)

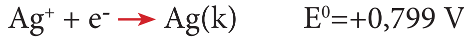
d) $Cr_2O_7^{2-} + HNO_2 \rightarrow Cr^{3+} + NO_3^-$ (Asidik ortam)

e) $MnS + ClO_4^- \rightarrow MnO_2 + SO_4^{2-} + Cl^-$ (Asidik ortam)

21. Zn(k) | Zn^{2+}(suda, 1 M) || Ag^+(suda, 1 M) | Ag(k)

Yukarıda şematik gösterimi verilen hücrede


$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn(k)$ E^0=-0,763 V


$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag(k)$ E^0=+0,799 V

olduğuna göre bu elektrokimyasal hücre ile ilgili aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a) Toplam pil tepkimesini yazarak standart pil gerilimini hesaplayınız.
b) Dış devrede elektronların ve akımın yönü nasıldır?

22. $Cu^+(suda) + e^- \rightarrow Cu(k)$ E^0=+0,521V
$Fe^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Fe(k)$ E^0=-0,440V
$Sn^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Sn(k)$ E^0=-0,136V

Verilen potansiyellere göre aşağıdaki tepkimelerin istemli olup olmadığını belirtiniz.

a) $2Cu(k) + Sn^{2+}(suda) \rightleftarrows 2Cu^+(suda) + Sn(k)$
b) $Fe(k) + Sn^{2+}(suda) \rightleftarrows Fe^{2+}(suda) + Sn(k)$
c) $2Cu(k) + Fe^{2+}(suda) \rightleftarrows 2Cu^+(suda) + Fe(k)$

23. $Ni^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Ni(k)$ E^0=-0,250 V
$Cd^{2+}(suda) + 2e^- \rightarrow Cd(k)$ E^0=-0,403 V

Nikel ve kadmiyumla oluşturulan hücreye 0,2 V gerilim uygulanırsa hangi tepkime gerçekleşir? Bu gerilimin uygulanmasıyla oluşacak hücrenin anot ve katodunu bulunuz.

C) Aşağıdaki soruların doğru cevaplarını işaretleyiniz.

24. Aşağıdaki tepkimelerin hangisinde indirgenme ve yükseltgenme olayları gerçekleşmemiştir?

A) $2Li + O_2 \rightarrow Li_2O_2$
B) $SO_2 + 2H_2S \rightarrow 2H_2O + 3S$
C) $Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$
D) $2KI + Pb(NO_3)_2 \rightarrow PbI_2 + 2KNO_3$
E) $Fe_2O_3 + 2Al \rightarrow Al_2O_3 + 2Fe$

25. 0,3 mol $K_2Cr_2O_7$ bileşiğindeki kromun Cr^{3+} iyonuna indirgenebilmesi için devreden ne kadar yük geçmelidir?
(1 mol e^-= 96 500 C= 1 faraday)

A) 6 C
B) 1,8 faraday
C) 96 500 C
D) 6×96 500 C
E) 0,3×96 500 C

26. Aşağıdaki seçeneklerde indirgenme potansiyelleri verilen T, W, X, Y, Z elementleri içerisinde en iyi indirgen X elementidir.
Buna göre aşağıdakilerden hangisi X elementinin indirgenme potansiyeli olabilir?

A) -2,714 V
B) -1,662 V
C) +2,870 V
D) -3,040 V
E) 0,000 V

27. $X^+(suda) + Y(k) \rightarrow Y^+(suda) + X(k)$
$Z^+(suda) + Y(k) \rightarrow$ Tepkime yok
$W^+(suda) + X(k) \rightarrow W(k) + X^+(suda)$
Tepkime denklemlerine göre indirgenme potansiyeli sıralaması aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir?

A) $E^0_{X^+/X} > E^0_{Y^+/Y} > E^0_{Z^+/Z} > E^0_{W^+/W}$
B) $E^0_{W^+/W} > E^0_{X^+/X} > E^0_{Y^+/Y} > E^0_{Z^+/Z}$
C) $E^0_{W^+/W} > E^0_{Y^+/Y} > E^0_{Z^+/Z} > E^0_{X^+/X}$
D) $E^0_{Z^+/Z} > E^0_{Y^+/Y} > E^0_{X^+/X} > E^0_{W^+/W}$
E) $E^0_{Y^+/Y} > E^0_{X^+/X} > E^0_{Z^+/Z} > E^0_{W^+/W}$

28. Yer altında bulunan ve çelikten yapılmış bir deponun korozyona uğramaması için altın, gümüş, nikel, bakır ve magnezyum metallerinden biriyle katodik koruma yapılmak isteniyor.
Çeliğin büyük çoğunluğu demirden oluştuğuna ve demirin indirgenme potansiyeli -0,44 volt olduğuna göre belirtilen metallerden hangisi katodik koruma için en uygundur?
($E^0_{Au^{3+}/Au}$=+1,49 V, $E^0_{Ag^+/Ag}$=+0,79 V, $E^0_{Cu^{2+}/Cu}$=+0,34 V, $E^0_{Ni^{2+}/Ni}$=-0,25 V, $E^0_{Mg^{2+}/Mg}$=-2,37 V)

A) Altın
B) Nikel
C) Magnezyum
D) Bakır
E) Gümüş

29. Bir miktar erimiş $AlCl_3$ tuzu 9650 saniye boyunca 0,8 amperlik akımla elektroliz ediliyor.
Tepkime verimi %50 olduğuna göre normal şartlarda anotta toplanacak Cl_2(g) kaç litredir?
(1 mol e^-= 96 500 C= 1 faraday)
A) 4,48
B) 0,224
C) 0,56
D) 0,448
E) 0,112

30. Zn(k) | Zn^{2+}(suda, 10^{-2} M) || Cu^{2+}(suda, X M) | Cu(k) şeklinde bir hücre oluşturuluyor.
Oluşturulan bu hücrenin potansiyeli 1,04 V olduğuna göre Cu^{2+} derişimi kaç molardır?
($E^0_{Cu^{2+}/Cu}$=+0,34 V, $E^0_{Zn^{2+}/Zn}$=-0,76 V) (0,0592 sabitini 0,06 alınız.)
A) 1.10^{-3}
B) 1.10^{-4}
C) 1.10^{-1}
D) 1.10^{-6}
E) 1.10^{-2}

31. Zn(k) + $SnBr_2$(suda) → $ZnBr_2$(suda) + Sn(k) E^0=+0,63 V
Tepkime denklemine göre aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?
A) Tepkime istemsizdir.
B) Çinko yükseltgendir.
C) Kalay yükseltgenmiştir.
D) Elektrolitik bir hücredir.
E) Kalay yükseltgendir.

32. Mg(k) + H_2SO_4(suda) → $MgSO_4$(suda) + H_2O(s)
Yukarıdaki tepkime ile ilgili
I. Redoks tepkimesidir.
II. Magnezyum indirgendir.
III. H_2SO_4 yükseltgendir.
yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?
A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III D) II ve III E) I, II, ve III

33. Bir miktar su 1930 coulomb yükle elektroliz ediliyor.
Buna göre anotta normal şartlarda kaç cm^3 oksijen gazı toplanır?
(1 mol e^-= 96 500 C= 1 faraday)
A) 448 B) 224 C) 112 D) 56 E) 336

34. Galvaniz, genellikle demir metalini korozyondan korumak için çinko ile kaplama işlemidir.
Bu işlemin sebebi aşağıdakilerden hangisidir?
A) Çinkonun demire parlaklık kazandırması
B) Çinkonun ucuz bir metal olması
C) Çinkonun yükseltgenme potansiyelinin demirinkinden düşük olması
D) Demirin indirgenme potansiyelinin çinkonunkinden düşük olması
E) Çinkonun indirgenme potansiyelinin demirinkinden düşük olması

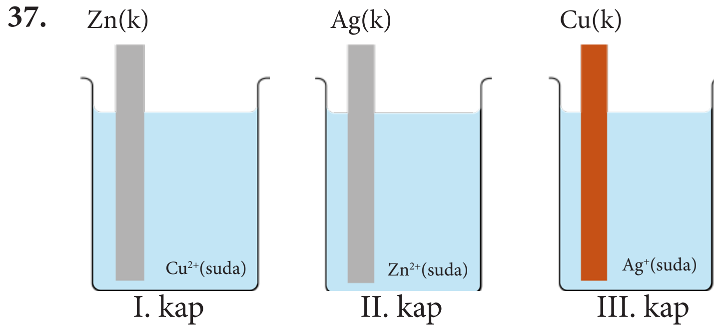
35. Aşağıda şematik gösterimi verilen pillerden hangisi ile alüminyumun standart indirgenme potansiyeli ölçülebilir?

A) Al(k) | Al^{3+}(suda, 1 M) || (H^+)(suda, 0,1 M) | Pt(k) | H_2(g, 1atm)
B) Al(k) | Al^{3+}(suda, 0,1 M) || (H^+)(suda, 0,1 M) | Pt(k) | H_2(g, 1atm)
C) Al(k) | Al^{3+}(suda, 1 M) || (H^+)(suda, 1 M) | Pt(k) | H_2(g, 1atm)
D) Al(k) | Al^{3+}(suda, 1 M) || (H^+)(suda, 0,1 M) | Pt(k) | H_2(g, 0,1atm)
E) Al(k) | Al^{3+}(suda, 0,1 M) || (H^+)(suda, 1 M) | Pt(k) | H_2(g, 1atm)

36. Elektrolitik bir hücreyi galvanik bir hücreden ayıran özellik aşağıdakilerden hangisidir?

A) Katotta yükseltgenme meydana gelmesi
B) Kimyasal tepkime sonucunda elektrik akımı meydana gelmesi
C) Elektronların katottan anoda doğru hareket etmesi
D) İstemsiz gerçekleşen bir tepkime olması
E) Elektrolitik hücrede anotun negatif yüklü olması

37.



Yukarıdaki kaplarda bulunan çözeltilere metal çubuklar daldırılıyor.
Buna göre hangi metal çubuklarda aşınma olur? (Aktiflik sırası Zn > Cu > Ag şeklindedir.)

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

38. **I.** $KMnO_4 + HCl \rightarrow KCl + MnCl_2 + Cl_2 + H_2O$
II. $CaO + HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O$
III. $P + NaOH + H_2O \rightarrow PH_3 + NaH_2PO_2$

Verilen tepkimelerden hangisi veya hangileri redoks tepkimesidir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I ve III E) II ve III

39. Elektrokimyasal bir pilde

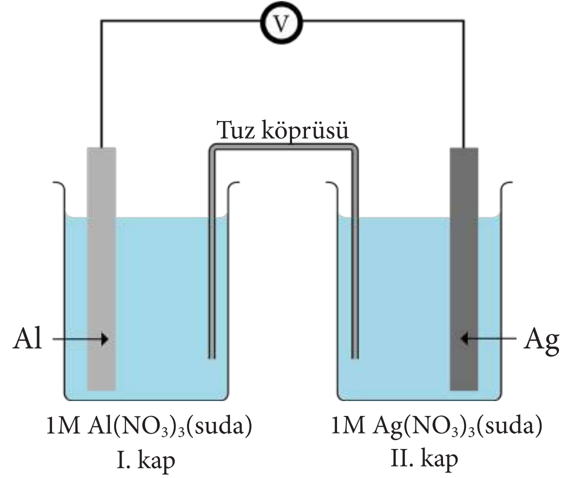
I. Kullanılan elektrotların cinsi,
II. Tuz köprüsündeki iyonların cinsi,
III. Derişim pillerinde kullanılan çözeltilerin derişim farkı

niceliklerinden hangisi veya hangilerinin değişimi pil potansiyeline etki eder?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve III E) I, II ve III

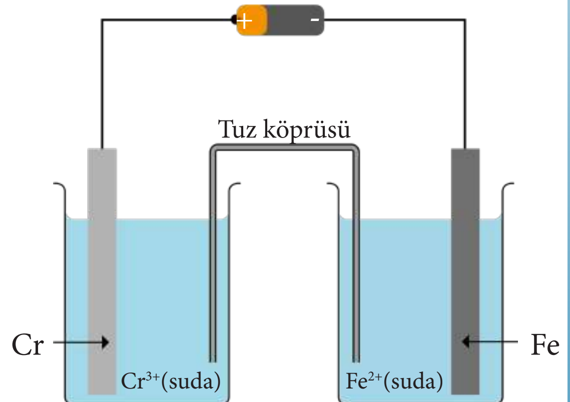
40.


Al^{3+}(suda)+ $3e^-$ → Al(k) E^0=-1,21 V
Ag^+(suda) + e^- → Ag(k) E^0 =0,80 V



Şekildeki Al-Ag elektrokimyasal hücresi ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?
(Al: 27 g/mol)(Ag_2S katısı suda az çözünür.)
A) Hücre gerilimi 2,01 volttur.
B) Pil tepkimesi Al(k) + $3Ag^+$(suda) ⇌ Al^{3+}(suda) + 3Ag(k) şeklindedir.
C) Devreden 0,2 mol e^- geçtiğinde 1,8 g Al elektrot çözünür.
D) Anyonlar, tuz köprüsünden I. kaba doğru hareket eder.
E) II. kaba Na_2S katısı eklenirse pil potansiyeli artar.

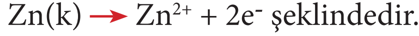
41. Saf su doğrudan elektroliz edilemez fakat saf suyun içine HCl çözeltisi ilave edildiğinde kolaylıkla elektroliz edilir.
Bu olayın nedeni ile ilgili olarak
I. Saf suyun nötr özellik göstermesi
II. Saf suyun zayıf elektrolit olması
III. Elektroliz işlemini hızlandırması
ifadelerinden hangisi veya hangileri doğrudur?
A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III



42. Şekildeki elektrokimyasal hücrede devreden 0,6 mol elektron geçiyor.
Buna göre
I. Fe çubuğunun kütlesi 16,8 gram artar.
II. Fe çubuğunun kütlesi 16,8 gram azalır.
III. Cr çubuğunun kütlesi 10,4 gram artar.
bilgilerinden hangisi veya hangileri doğrudur?
(Fe: 56 g/mol, Cr: 52 g/mol) ($E^0_{Fe^{2+}/Fe}$=-0,44 V, $E^0_{Cr^{3+}/Cr}$=-0,74 V)
A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) II ve III

43. 
Zn(k) | Zn^{2+}(suda, 1 M) || Ag^{+}(suda, 1 M) | Ag(k)

Yukarıda şematik gösterimi verilen elektrokimyasal hücre için

I. Katot kabında meydana gelen yükseltgenme tepkimesi

Zn(k) $\rightarrow$ Zn^{2+} + $2e^{-}$ şeklindedir.

II. Zn metali Ag metalinden daha aktiftir.

III. Zn^{2+} iyonunun standart indirgenme potansiyeli Ag^{+} iyonundan büyüktür.

yargılarından hangisi veya hangileri doğrudur?

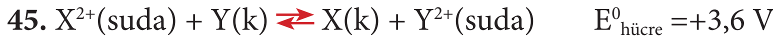
A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) II ve III E) I, II ve III

44. 
A(k) | A^{n+}(suda, 1 M) || B^{2+}(suda, 1 M) | B(k)

Hücre şeması yukarıda verilen elektrokimyasal pilde 0,5 mol A çözündüğünde B'nin kütlesi 0,75 mol artmaktadır.

Buna göre A'nın yükseltgenme basamağı (n) kaçtır?

A) +5 B) +4 C) +3 D) +2 E) +1

45. 
X^{2+}(suda) + Y(k) $\rightleftharpoons$ X(k) + Y^{2+}(suda) $E^{0}_{hücre}$ =+3,6 V

X metalinin yükseltgenme potansiyeli 1,5 volt ise Y metalinin yükseltgenme potansiyeli kaç volttur?

A) -3,6 V B) -5,1 V C) 5,1 V D) -2,1 V E) 2,1 V

46. Seri bağlı iki ayrı kapta AlF_3 ve AgF tuzları elektroliz ediliyor.

Kaplardan birinde 216 gram Ag açığa çıktığında diğer kapta kaç gram Al açığa çıkar?

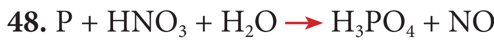
(Al=27 g/mol, Ag=108 g/mol)

A) 9 B) 18 C) 27 D) 54 E) 108

47.
I. P_4
II. PH_3
III. $H_2PO_2^{-}$
IV. P_2O_3
V. Na_3PO_4

Yukarıda verilen maddelerden hangi ikisinin yeri değişirse P elementinin yükseltgenme basamakları artacak şekilde bir sıralama yapılmış olur?

A) I ve II B) II ve III C) III ve IV D) IV ve V E) I ve V

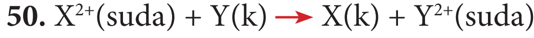
48. 
P + HNO_3 + H_2O $\rightarrow$ H_3PO_4 + NO

tepkimesi ile ilgili aşağıdaki yargılardan hangisi yanlıştır?

A) En küçük tam sayılarla denkleştirildiğinde H_2O bileşiğinin katsayısı 2 olur.
B) P indirgendir.
C) 1 mol P, 5 mol elektron vermiştir.
D) 1 mol HNO_3, 3 mol elektron alıp yükseltgenmiştir.
E) HNO_3 yükseltgendir.

49. 
H_2O + NiO_2 + Fe $\rightarrow$ $Ni(OH)_2$ + $Fe(OH)_3$ **redoks tepkimesi en küçük tam sayılarla denkleştirilirse suyun (H_2O) katsayısı kaç olur?**

A) 2 B) 3 C) 5 D) 6 E) 7

50. 
$X^{2+}(suda) + Y(k) \rightarrow X(k) + Y^{2+}(suda)$


$Z^{2+}(suda) + L_2(g) \rightarrow Z(k) + 2L^{+}(suda)$


$X(k) + 2L^{+}(suda) \rightarrow X^{2+}(suda) + L_2(g)$


$Y^{2+}(suda) + 2M(k) \rightarrow Y(k) + 2M^{+}(suda)$

Yukarıda verilen tepkimeler kendiliğinden gerçekleşmektedir.

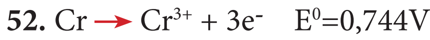
Buna göre hangi elementin indirgen özelliği <u>en fazladır</u>?

A) X B) Y C) Z D) L E) M

51. 
$C(k) + H_2SO_4(suda) \rightarrow CO_2(g) + SO_2(g) + H_2O(s)$

Yukarıdaki redoks tepkimesinde normal koşullarda 4,48 litre CO_2 gazı elde etmek için 0,5 molarlık H_2SO_4 çözeltisinden kaç mililitre alınmalıdır? (Tepkime denkleştirilecektir.)

A) 800 B) 1000 C) 200 D) 400 E) 600

52. 
$Cr \rightarrow Cr^{3+} + 3e^{-}$ E^0=0,744V


$Cd \rightarrow Cd^{2+} + 2e^{-}$ E^0=0,403V

Krom ve kadmiyumdan oluşan pilin potansiyeli aşağıdakilerin hangisinde doğru olarak verilmiştir?

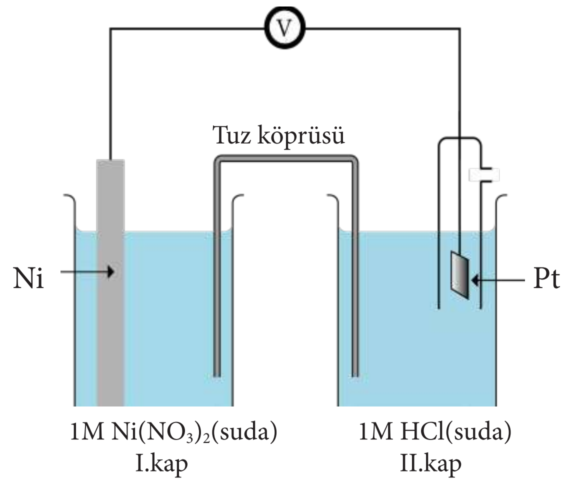
A) 0,341 V B) 1,147 V C) 2,697 V D) 0,297 V E) 1,085 V

53. 
$Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^{-}$ E^0=0,250V


$H_2 \rightarrow 2H^{+} + 2e^{-}$ E^0=0,000V

Şekilde verilen elektrokimyasal hücre sistemi için aşağıdakilerden hangisi <u>yanlıştır</u>?

A) Nikel elektrodun kütlesi azalır.
B) Platin elektrodun kütlesi artar.
C) $E^0_{hücre}$=0,250 volttur.
D) Zamanla II. kapta pH artar.
E) Platin elektrot katottur.



54. $CaCl_2$ sıvısının elektrolizinde katotta 1 gram kalsiyum toplanması için 1,2 amper akım devreden kaç saniye süreyle geçirilmelidir? (Coulomb sabitini 96 000 alınız.) (Ca: 40 g/mol)

A) 1000 B) 2000 C) 3000 D) 4000 E) 5000

55. Pil şeması Mn(k) | Mn^{2+}(suda) || Ni^{2+} (suda) | Ni(k) şeklinde verilen pille ilgili olarak aşağıdaki yargılardan hangisi <u>yanlıştır</u>?

A) Mn anottur.
B) Ni katottur.
C) Çift çizgi tuz köprüsünü gösterir.
D) Mangan nikele elektron verir.
E) Pil çalışırken nikel elektrodun kütlesi azalır.

2. ÜNİTE KARBON KİMYASINA GİRİŞ

Anahtar Kavramlar

Anorganik bileşik, Basit formül, Elmas, Grafit, Hibritleşme, Molekül formülü, Molekül geometrisi, Organik bileşik, Yapı formülü, π (pi) bağı, σ (sigma) bağı

Neler Öğrenilecek?

Bu ünitede anorganik ve organik bileşiklerin ne olduğu, basit formül ve molekül formülü, karbonun doğada bulunuş şekilleri, Lewis formülleri, hibritleşme-molekül geometrisi konuları öğrenilecektir.

Hazırlık Soruları

* Organik ve doğal kelimeleri sizce eş anlamlı mıdır?
* Atomların uzaydaki dizilişi ifadesinden ne anlıyorsunuz?
* Melez ne demektir?



2.1. ANORGANİK VE ORGANİK BİLEŞİKLER

Sınıflandırma, günlük hayatı kolaylaştırmak için sıklıkla başvurulan yöntemlerden biridir. Bu yöntem çeşitli şekillerde gerçekleştirilir. Örneğin elbiseleri bir elbise dolabına mevsimine göre, kullanım amacına göre ya da bu iki özelliği birleştirerek yerleştirmek mümkündür. Sınıflandırma yöntemini bilişimden ekonomiye, fizikten kimyaya pek çok bilim dalı kullanır. Kimya bilimi, bileşikleri çeşitli şekillerde sınıflandırır. Örneğin su, taş ve kaya tuzu ile araba lastiği, pet şişe ve elma farklı bileşik sınıflarındaki maddeleri oluşturur (Görsel 2.1). Peki, bileşikler nasıl sınıflandırılır? Bu sınıflandırmadaki temel faktör nedir?

Bu konuda anorganik ve organik bileşiklerin özellikleriyle bu bileşiklerin birbirinden nasıl ayırt edileceği ele alınacaktır.



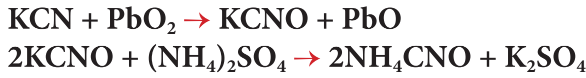
Görsel 2.1: Anorganik ve organik bileşik sınıfındaki maddeler

2.1.1. Organik Bileşik Kavramının Gelişimi

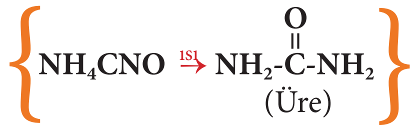
Kimyasal bileşikler elde edildiği kaynaklara bağlı olarak anorganik ve organik olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Anorganik bileşikler minerallerden elde edilirken organik bileşikler bitkisel ve hayvansal kaynaklardan yani canlı organizmalar tarafından üretilen maddelerden elde edilir. Organik kelimesi, organizmadan türemiş anlamındadır ve ilk kez İsveçli kimyacı Berzelius (Berzelyus) tarafından kullanılmıştır (1807).

Çoğu kimyacı, önceleri organik ve anorganik bileşikler arasındaki farkı canlı kaynaktan gelen yaşamsal kuvvetin oluşturduğunu düşünmüştür. Bundan dolayı kimyacılar, organik bileşiklerin anorganik bileşikler gibi laboratuvarda elde edilemeyeceğine ve bu bileşikler ile deney yapılamayacağına inanmıştır. Bu düşünce organik kimyanın gelişimini geciktirmiştir.

1828 yılına kadar bilinen bütün organik bileşiklerin kaynağı hayvanlar ve bitkilerdir. Ancak 1828'de Alman kimyacı Friedric Wöhler (Fredirik Völer), o zamana kadar sadece idrardan elde edilen üreyi (Görsel 2.2) amonyum siyanatı ısıtarak elde etmiştir. Böylece organik bir madde canlı bedeninin dışında ilk kez sentez edilmiştir. Wöhler, anorganik KCN ile PbO_2 bileşiğini ısıtarak KCNO bileşiğine dönüştürmüştür. Oluşan bu maddeyi $(NH_4)_2SO_4$ ile tepkimeye sokarak amonyum siyanat (NH_4CNO), anorganik amonyum siyanattan da organik $NH_2\text{-}CO\text{-}NH_2$ (üre) elde etmiştir. Üre eldesinin kimyasal tepkimeleri şu şekildedir:



$$KCN + PbO_2 \rightarrow KCNO + PbO$$
$$2KCNO + (NH_4)_2SO_4 \rightarrow 2NH_4CNO + K_2SO_4$$



$$NH_4CNO \xrightarrow{\text{ısı}} NH_2\text{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}\text{-}NH_2$$

(Üre)



Görsel 2.2: Üre

"İnsanın en büyük yardımcısı tesadüf değil azim ve sebattır."
S.Smiles

Wöhler, bu buluşu ile anorganik maddelerden organik maddelerin sentezlenebileceğini ispatlamıştır. Wöhler sentezi, organik kimya için bir dönüm noktası kabul edilir. Ürenin sentezinden sonra organik maddelerin laboratuvarda incelenme (Görsel 2.3) ve sentezlenme çalışmaları da hız kazanmıştır.



Görsel 2.3: Organik maddelerin yapılarını tespit etmede kullanılan NMR cihazı

Bir bileşiğin organik olabilmesi için kesinlikle karbon içermesi gerekir. Organik bileşiklerin yapısında C atomuyla birlikte H, N, O, P, S elementleri ve halojenler de bulunabilir. Bu yüzden organik kimyaya **karbon kimyası** da denir. Ancak karbon elementi içeriyor olmasına rağmen CO, CO_2, CS_2, karbonat içeren bileşikler ($CaCO_3$, Na_2CO_3, $NaHCO_3$ vb.), karbür sınıfı bileşikler (CaC_2, Al_4C_3 vb.) ve siyanür sınıfı bileşikler (HCN, KCN vb.) organik bileşik sınıfına girmez.

Anorganik kimya, organik olmayan yani C-H bağı içermeyen bileşiklerin özelliklerini ve kimyasal davranışlarını inceler. Karbon elementine sahip olmayan asit, baz, tuz, su, mineral gibi bileşikler anorganiktir.

Deney

Organik Bileşiklerde Karbon Elementinin Tespiti

Amaç

Organik bir bileşikte C elementinin varlığının tespit edilmesi

Madde ve Malzemeler

- 1 gram şeker
- 1 gram bakır(II) oksit (CuO)
- 50 mL kalsiyum hidroksit çözeltisi [$Ca(OH)_2$]
- Deney tüpü (1 adet)
- 100 mL'lik beher (1 adet)
- Cam boru
- Lastik hortum
- Lastik tıpa
- Bunzen beki
- Maşa
- Hassas terazi
- Spor



Görsel 2.4: Deney düzeneği

Deneyin Yapılışı

1. Deney tüpüne şekeri ve CuO katısını koyunuz. Bu maddeleri karıştırınız.
2. Behere kalsiyum hidroksit çözeltisini koyunuz.
3. Tüpün ağzını üzerine cam boru geçirilmiş lastik tıpa ile kapatınız ve cam boruya lastik hortumu geçiriniz.
4. Lastik hortumun diğer ucunu kalsiyum hidroksit çözeltisine batırınız.
5. Deney tüpünü bunzen bekinde ısıtarak gözlemleyiniz.

Sizden sonra gelecek grubu göz önünde bulundurarak kullandığınız malzemeleri toplamadan laboratuvardan ayrılmayınız.

Sorular

1. Kalsiyum hidroksit çözeltisinde nasıl bir değişim olmuştur?
2. Çökelti oluşumunun nedeni nedir?

Yorumlarınız

....

....

....

Deney

Organik Bileşiklerde Hidrojen Elementinin Tespiti

Amaç

Organik bir bileşikte H elementinin varlığının tespit edilmesi

Madde ve Malzemeler

- 1 gram şeker
- 1 gram bakır(II) oksit
- 5 gram bakır(II) sülfat
- Deney tüpü
- Lastik hortum
- Lastik tıpa
- Maşa
- Hassas terazi
- Bağlama parçası
- Spor
- Saat camı



Görsel 2.5: Deney düzeneği








Deneyin Yapılışı

Deney düzeneğini hazırlamak için ekip arkadaşlarınız arasında iş bölümü yaparak aşağıdaki adımları takip ediniz.

1. Deney tüpüne şekeri ve CuO katısını koyunuz. Bu maddeleri karıştırınız.
2. Saat camına bakır(II) sülfat katısını koyunuz.
3. Tüpün ağzını üzerine cam boru geçirilmiş lastik tıpa ile kapatınız ve cam boruya lastik hortumu geçiriniz.
4. Lastik hortumun diğer ucunu bakır(II) sülfat katısına batırınız.
5. Deney tüpünü bunzen bekinde ısıtarak gözlemleyiniz.

Sorular

1. Bakır(II) sülfat katısının rengi nasıl bir değişim göstermiştir?
2. Bakır(II) sülfat katısının renk değişiminin nedeni nedir?

Yorumlarınız

....

....

....

....

....

2.1.2. Organik ve Anorganik Bileşikler Arasındaki Farklar

Organik ve anorganik bileşiklerin özellikleri arasında belirgin farklar vardır:

- Organik bileşikler, genelde kovalent yapılı moleküler bileşiklerdir. Anorganik bileşikler ise genelde iyonik yapılı bileşiklerdir.
- Organik bileşiklerin erime ve kaynama sıcaklıkları genellikle düşüktür. Anorganik bileşikler genellikle iyonik bağ içerdiği ve iyonik bağ da güçlü bir etkileşim olduğu için bu bileşiklerin erime ve kaynama noktaları yüksektir.
- Organik bileşiklerin sayıları milyonlarla ifade edilecek kadar çoktur. Anorganik bileşiklerin sayıları oldukça azdır (yüz bin civarında). Organik bileşiklerin anorganik bileşiklerden sayıca çok fazla olmasının nedeni karbon atomunun yüksek bağ kapasitesidir.
- Organik bileşikler genellikle yanıcıdır. Anorganik bileşikler ise genellikle yanıcı değildir.
- Organik bileşikler genellikle suda değil benzen, eter, toluen gibi organik çözücülerde çözünür. Anorganik bileşiklerin birçoğu suda çözünür.
- Organik bileşiklerin kendilerine özgü renk ve kokuları vardır. Anorganik bileşikler genellikle kokusuzdur.
- Organik tepkimelerin hızları genellikle düşük, anorganik tepkimelerin hızları yüksektir.
- Organik tepkimelerin çoğu katalizörle gerçekleşirken anorganik tepkimelerde katalizöre nadiren ihtiyaç duyulur.
- Organik bileşikler genellikle elektrolit özellik göstermez. Anorganik bileşikler elektrolit özellik gösterir, bu bileşiklerin erimiş hâlleri veya sulu çözeltileri elektrik akımını iletir.

Organik kimya, teknolojik önemi büyük olan bir kimya dalıdır. İlaç, boyar madde, kâğıt, petrol, kauçuk, plastik, besin, tekstil, patlayıcı madde, kozmetik vb. endüstri dalları organik kimya ile yakından ilgilidir (Görsel 2.6).



Görsel 2.6: Organik kimya ile ilgili bazı ürünler

Örnek

Aşağıdaki bileşiklerin organik mi yoksa anorganik mi olduğunu belirtiniz.

Sofra tuzu — LPG
Sabun — Kâğıt
Sudkostik — PVC
Tuz ruhu — Kireç taşı
Karbon dioksit

Çözüm

Sofra tuzu (NaCl), tuz ruhu (HCl) ve sudkostik (NaOH) karbon atomu içermediği için anorganiktir. Kireç taşı ($CaCO_3$) ve karbon dioksit (CO_2), yapısında karbon atomu olmasına rağmen anorganik bileşik sınıfında; sabun ($C_{17}H_{35}$-COONa), LPG (%70 C_3H_8, %30 C_4H_{10}), kâğıt $[(C_6H_{10}O_5)_n]$, PVC $[(C_2H_3Cl)_n]$ ise organik bileşik sınıfındadır.

Alıştırma

Tabloda verilen bileşiklerin organik mi yoksa anorganik mi olduğunu yazınız.

Bileşik	Organik/Anorganik
H_2CO_3	
NH_3	
NH_2-CH_2-COOH	
HCOOH	
H_2SO_4	
CO	
CH_4	
CH_3OH	
$NaHCO_3$	
NH_2-CO-NH_2	
HCN	
CH_3-O-CH_3	

2.2. BASİT FORMÜL VE MOLEKÜL FORMÜLÜ

TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) verilerine göre Türkiye nüfusu 31 Aralık 2016 tarihi itibarıyla 79 milyon 814 bin 871 kişidir (Görsel 2.7) ve kadın-erkek nüfusu birbirine hemen hemen eşittir. Aynı verilere göre Türkiye'de kilometrekareye104 kişi düşmektedir. Kadınlar K, erkekler E ile sembolize edilirse Türkiye'de kilometrekareye düşen kişi sayısı $K_{52}E_{52}$ ya da KE gibi bir formülle gösterilebilir. Eğer bu kişiler hakkında daha fazla bilgi sahibi olunursa (yaş, boy, kilo, akrabalık durumu vb.) daha detaylı formüller de yazılabilir. Kimyacılar da bir moleküldeki atomlar arası oranı eldeki bilgiler ışığında belli kurallara göre gösterir. Bu gösterim şekilleri ve kuralları nelerdir?

Bu konuda basit formül ve molekül formülü kavramları ile organik bileşiklerin basit ve molekül formüllerinin bulunmasıyla ilgili hesaplamalar ele alınacaktır.



Görsel 2.7: Türkiye nüfusunun temsilî gösterimi

2.2.1. Kimyasal Formüllerin Bulunması

Bilim insanları, yeni ilaçlar keşfedebilmek için bitkilerin ya da ilaç olarak kullanılmış diğer maddelerin içerisinde bulunan bileşiklerin özelliklerini incelemişlerdir. Bu incelemelerde bileşiklerin molekül yapısını belirlemeye çalışmışlardır. Bileşiklerin molekül yapısını belirlemek için bunların basit formülünü (kaba / ampirik formül) ve molekül formülünü (gerçek formül) bulmak gerekir.

Basit Formül

Basit formül, bileşiği oluşturan atomların türünü ve bunların oranını en küçük tam sayılarla verir. Örneğin glikozun basit formülü CH_2O şeklindedir. Bu formül, glikozda bulunan C, H, ve O atomlarının oranının 1:2:1 olduğunu gösterir. Elementlerin bileşikteki molce oranı ya da elementlerin kütlece birleşme oranı ve atom kütleleri bilinmeden basit formül bulunamaz.

Örnek

Böbrek üstü bezlerinin salgıladığı adrenalin hormonunda 1,6 mol C atomuna karşılık 0,6 mol O, 0,2 mol N ve 2,2 mol H atomu bulunmaktadır. Buna göre adrenalinin basit formülünü bulunuz.

Çözüm

Verilen mol sayıları elementlerin altına yazılınca $C_{1,6}H_{2,2}O_{0,6}N_{0,2}$ şeklinde bir formül elde edilir. Formüldeki sayılar tam sayı olmalıdır. Bu nedenle tüm sayılar, elde edilen bileşik formülündeki en küçük sayıya bölünerek tam sayıya çevrilir.

$$n_C = \frac{1,6}{0,2} = 8 \qquad n_H = \frac{2,2}{0,2} = 11 \qquad n_O = \frac{0,6}{0,2} = 3 \qquad n_N = \frac{0,2}{0,2} = 1$$

Adrenalinin basit formülü **$C_8H_{11}O_3N$** şeklindedir.

Örnek

Formaldehit bileşiğinin analizinde kütlece %40 C, %53,3 O ve %6,66 H bulunmuştur. Formaldehit bileşiğinin basit formülünü bulunuz.

(H:1 g/mol, C: 12 g/mol, O: 16 g/mol)

Çözüm

Her bir elementin kütle yüzdesi o elementin mol kütlesine bölünür.

$$n_C = \frac{40}{12} = 3,33 \qquad n_H = \frac{6,66}{1} = 6,66 \qquad n_O = \frac{53,3}{16} = 3,33$$

$C_{3,33}H_{6,66}O_{3,33}$ formülündeki sayılar içlerindeki en küçük sayıya bölünerek tam sayıya çevrilir.

$$n_C = \frac{3,33}{3,33} = 1 \qquad n_H = \frac{6,66}{3,33} = 2 \qquad n_O = \frac{3,33}{3,33} = 1$$

Bileşiğin basit formülü **CH_2O** şeklindedir.

Molekül Formülü

Bir moleküldeki her elementin gerçek atom sayısını gösteren formüldür. Molekül formülü, basit formülün katları olarak da bilinir. Molekül formülü bulunurken bileşiğin molekül kütlesi, basit formülün kütlesine bölünürek basit formülün hangi katsayı ile çarpılacağı bulunur.

Molekül formülü = (Basit formül) × n

Dikkat!

Bir bileşiğin molekül formülü ile basit formülü aynı olabilir.

Örnek

Şekerin basit formülü CH_2O ve molekül kütlesi 180 gramdır. Buna göre şekerin molekül formülünü bulunuz.
(H:1 g/mol, C: 12 g/mol, O: 16 g/mol)

Çözüm

Bileşiğin mol kütlesi basit formülünün kütlesine bölünerek basit formülün genişletileceği sayı bulunur.

$$n = \frac{\text{Bileşiğin mol kütlesi}}{\text{Basit formülün kütlesi}} = \frac{180}{30} = 6$$

Basit formül 6 ile genişletilmelidir.
Glikozun molekül formülü $C_6H_{12}O_6$ şeklindedir.

Alıştırma

1. Azot ve hidrojenden oluşan bir bileşiğin %82,35'i azot, %17,65'i hidrojendir. Bileşiğin molekül kütlesi 34 gram olduğuna göre bileşiğin basit ve molekül formülünü bulunuz. (H:1 g/mol, N:14 g/mol)

2. Karbon ve hidrojen elementlerinden oluşan organik bileşiğin bir miktarı yakıldığında 1,98 gram CO_2 ve 0,54 gram H_2O oluşuyor. Molekül kütlesi 40 gram olduğuna göre bileşiğin basit ve molekül formülünü bulunuz.
(C:12 g/mol, H:1g/mol, O:16 g/mol)

2.3. DOĞADA KARBON

Elmas, doğada kimberlit adı verilen yumuşak kayaların içinde gömülü olarak bulunur ve bilinen en sert maddedir. Yüksek basınç altında oluşan elmas, nadir bulunduğu için oldukça kıymetlidir. Grafit ise organik kalıntıların değişimi sonucu oluşur. Doğada çokça bulunan grafit yumuşak ve kaygandır. Elmas ve grafit (Görsel 2.8) sadece karbon atomlarından oluşmasına karşın bu iki maddeyi farklı kılan nedir?

Bu konuda karbonun çok sayıda bileşik oluşturma özelliği ile bağ yapma özelliği arasındaki ilişki ve karbonun allotropları konusu ele alınacaktır.



Görsel 2.8: Grafit ve elmas

2.3.1. Karbon Elementinin Özellikleri

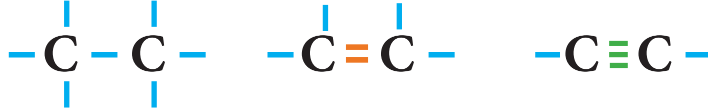
Karbon, canlı organizmalarda oksijenden sonra en çok bulunan elementtir. Periyodik cetvelde II. periyot 4A grubunda yer alan karbon (Görsel 2.9), organik bileşiklerde temel elementtir.

	3A	4A	5A	6A	7A	8A
1. Periyot						Helyum 2 He 4.0026
2. Periyot	Bor 5 B 10.811	Karbon 6 C 12.011	Nitrojen 7 N 14.007	Oksijen 8 O 15.999	Flor 9 F 18.998	Neon 10 Ne 20.180
3. Periyot	Alüminyum 13 Al 26.982	Silisyum 14 Si 28.086	Fosfor 15 P 30.974	Kükürt 16 S 32.065	Klor Cl 35.453	Argon 18 Ar 39.948
4. Periyot	Galyum 31 Ga 69.723	Germanyum 32 Ge 72.64	Arsenik 33 As 74.922	Selenyum 34 Se 78.96	Brom 35 Br 79.904	Kripton 36 Kr 83.798

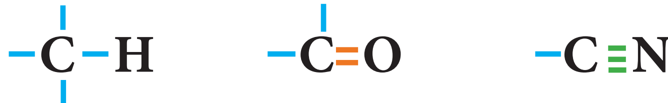
Görsel 2.9: Karbon atomunun periyodik tablodaki yeri

Organik bileşiklerin sayısı, anorganik bileşiklerle kıyaslanmayacak kadar çoktur. Bunun sebebi ise karbon atomunun çok sayıda bağ yapabilme özelliğidir.

Karbon atomunun değerlik orbitallerinde bulunan dört elektron özdeş değildir. Bu değerlik orbitalleri karışarak aynı enerji düzeyindeki özdeş orbitallere dönüşür. Oluşan bu orbitaller sayesinde karbon atomu başka karbon atomları ile tekli, ikili ve üçlü bağ oluşturabildiği gibi farklı ametal atomları ile de tekli, ikili ya da üçlü bağ meydana getirebilir. Bu da karbon bileşiklerinin sayısını artırır.



Karbon atomları arasındaki tekli, ikili ve üçlü bağlar



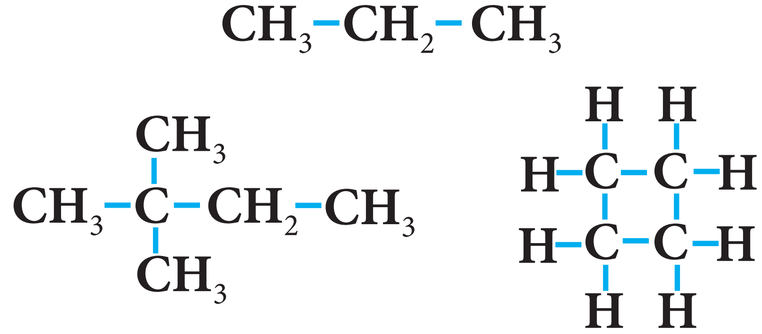
Karbonun diğer ametallerle yaptığı tekli, ikili ve üçlü bağlar

Periyodik cetvelde karbona en yakın olan bor, azot, oksijen, silisyum, fosfor ve kükürt atomlarının kendi aralarında bağlanıp zincir oluşturma özelliği karbona göre daha azdır. Bunun nedeni, bu atomların bağ enerjilerinin karbon atomunun bağ enerjisinden düşük olmasıdır (Tablo 2.1).

Tablo 2.1: Bağ yapan atomlar ve bağ enerjileri

Bağ Yapan Atomlar	Bağ Enerjileri (kJ/mol)
O—O	157
N—N	163
P—P	201
Si—Si	222
S—S	266
B—B	293
C—C	343

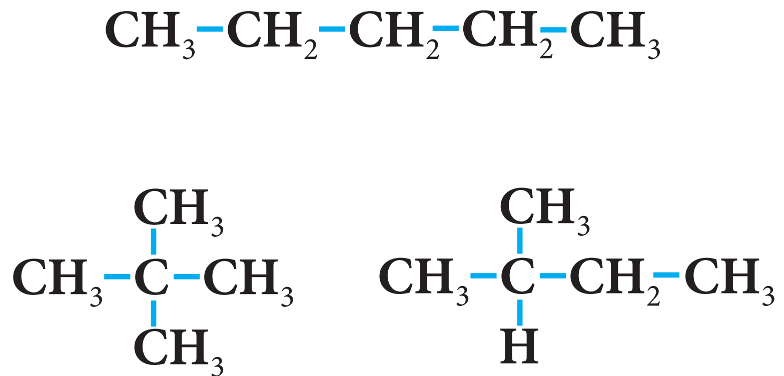
Bağ enerjisinin yüksek olmasından dolayı C—C bağı çok kararlıdır. Bu bağdaki karbon atomları normal şartlar altında oksijenle, asitlerle, bazlarla veya aktif metallerle reaksiyona girmez. C—C bağının güçlü olması nedeniyle karbon atomları birbirine sonsuz sayıda bağlanarak düz zincir, dallanmış zincir ve halka yapılarına sahip çok sayıda bileşik oluşturabilir (Görsel 2.10).



Görsel 2.10: Karbon atomunun düz, dallanmış ve halkalı yapıdaki bileşikleri

Karbon, hemen hemen tüm ametallerle (H, O, N, S, Cl, Br, I, F, P, S) bağ yaptığı gibi metallerle de bağ yaparak bileşik oluşturur.

Karbon bileşiklerinin sayısının çok olmasının bir sebebi de aynı sayıda karbonun farklı şekillerde bağlanarak bileşik oluşturmasıdır. Bu sayede aynı cins ve sayıda atom içeren çok sayıda madde ortaya çıkar. Örneğin C_5H_{12} ile ifade edilen bir bileşik üç ayrı yapıda bulunabilir (Görsel 2.11).



Görsel 2.11: Formülleri C_5H_{12} olan üç ayrı bileşiğin yapısı

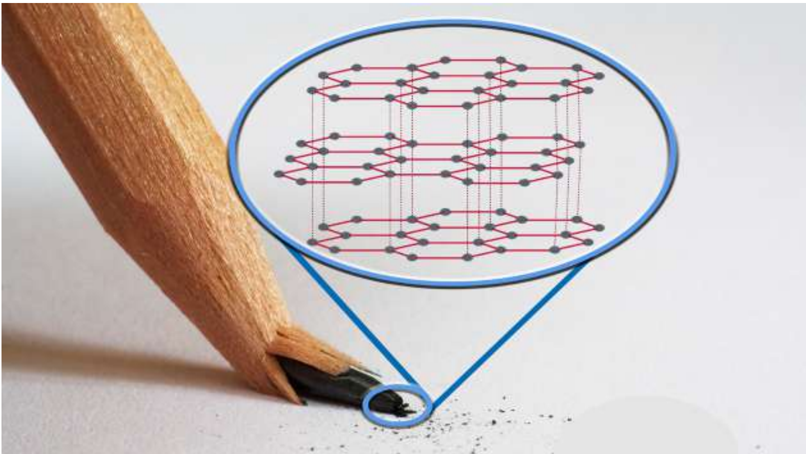
2.3.2. Karbonun Allotropları

Bir elementin atomlarının uzayda farklı sayı ve dizilişte bir araya gelmesiyle oluşan yapılara **allotrop** denir. Allotrop atomların fiziksel özelliklerinin tümü ve kimyasal özelliklerinin çoğu birbirinden farklıdır. Örneğin elmas ve grafit, karbon atomunun iki farklı katı fazı ve allotropudur.

Elmasta her bir karbon atomu dört karbon atomuna bağlanır. Bu dört karbon atomunun her biri de diğer dört karbon atomuna bağlanır (Görsel 2.12). Böylece birbirine bağlanan atomlar, büyük bir yapı oluşturur. Bu üç boyutlu ve kuvvetli kovalent bağlar elmasa olağanüstü bir sertlik ve çok yüksek bir erime noktası (3550 °C) sağlar. Elmas, sertliği nedeniyle endüstride cam kesici, matkap ucu, taş yontucu olarak kullanılır.


Görsel 2.12: Elmastaki karbon atomlarının dizilimi

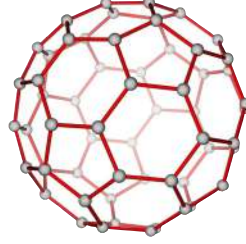
Grafit ise gri-siyah renkte, elektriği çok iyi ileten ve yumuşak bir maddedir. Grafitte her bir karbon atomu kovalent bağ ile üç farklı karbon atomuna bağlanır. Böylece karbon atomları altıgen halkalar şeklinde dizilerek bir tabaka oluşturur (Görsel 2.13). Tabakalar birbirine zayıf van der Waals kuvvetleri ile tutunur. Grafitteki kovalent bağlar ona sertlik verirken tabakalar arasındaki zayıf bağlar grafitin kaygan bir yapıya sahip olmasına neden olur. Kurşun kalem uçlarında grafit kullanılır. Grafit, elektriği iyi ilettiği için elektrik ve elektronik sanayisinde sıklıkla kullanılır.


Görsel 2.13: Grafitteki karbon atomlarının dizilimi

Dikkat!

Bileşiklerin de allotropları vardır. Kireç taşı ve mermer $CaCO_3$ bileşiğinin allotroplarıdır.

Karbonun allotroplarından bir diğeri de fullerendir. Fulleren, karbonun yapay bir allotropudur. Grafit benzeri bir yapıya sahiptir fakat grafit gibi sadece altıgen değildir. Beşgen, altıgen ve yedigen halkalardan oluşur. Fulleren; top (Görsel 2.14), tüp, halka ve çubuk şeklinde sınıflandırılır. Fulleren allotropu son yıllarda özellikle elektronik ve nanoteknoloji alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır.



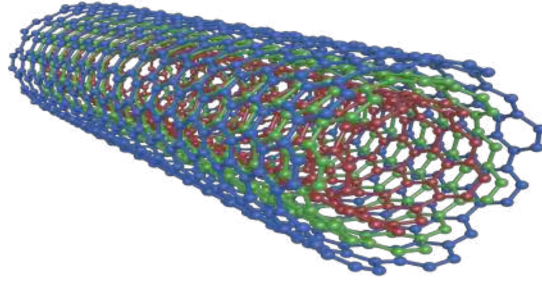
Görsel 2.14: Fullerendeki karbon atomlarının dizilimi

Nanotüpler

Bir karbon atomu kalınlığındaki grafit katmanlarına **grafen** denir. Karbon atomlarının altıgenler şeklinde bağlı olduğu grafen tabakaları, katlandığında tüp şeklini alır. Grafitten çok özel yöntemlerle elde edilen bu tüplere **nanotüp** (Görsel 2.15) denir. Karbon nanotüpler tek ya da çok duvarlı olabilir.

Biliyor musunuz?

İnsan saç telinin çapı, nanotüplerin çapından yaklaşık 50 000 kat daha büyüktür.



Görsel 2.15: Karbon nanotüp

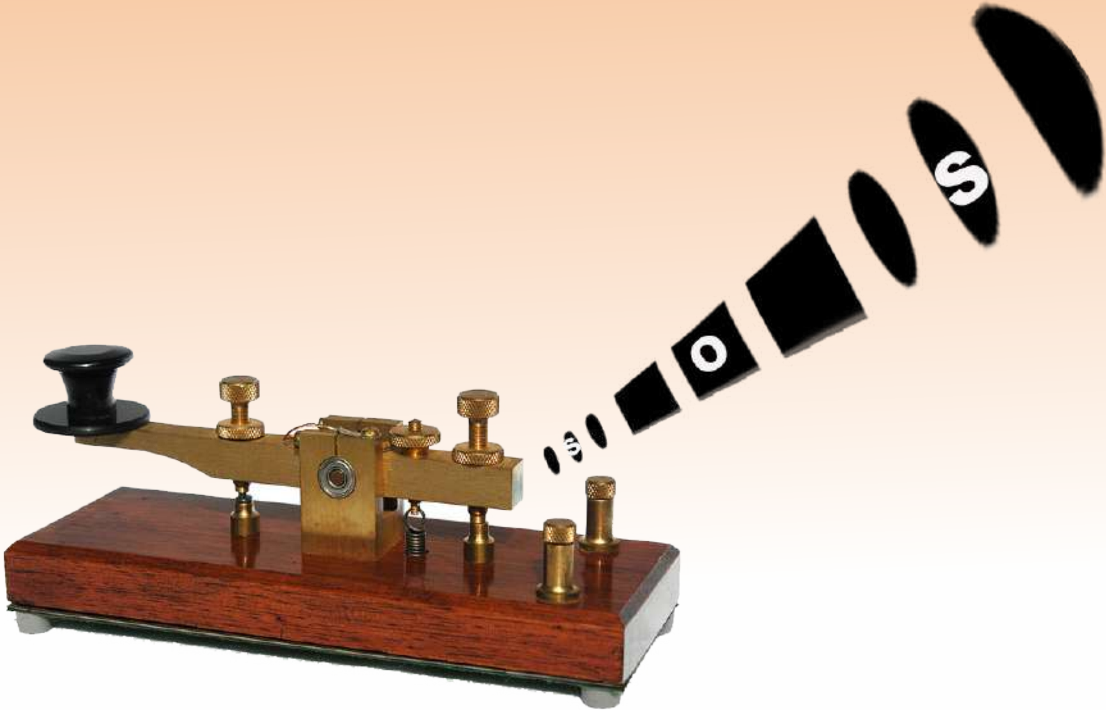
Günümüzde nanoteknoloji ile üretilen pek çok üründe nanotüpler kullanılmaktadır. Karbon nanotüplerin çapları birkaç nanometreyken uzunlukları çaplarının milyonlarca katına ulaşabilir. Ayrıca sağlamlık, elektrik iletkenliği, ısı iletkenliği gibi özelliklerinden dolayı başka malzemelere göre çok daha avantajlı olan karbon nanotüpler çok esnek ve sağlam yapılardır. Bu özelliklerinden dolayı da geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Çelikten daha hafif ve sağlam olan nanotüpler sayesinde günümüzde çok küçük boyutlarda elektronik cihazlar üretilmektedir. Spor malzemelerinin, araç parçalarının ve güvenlik güçleri tarafından kullanılan kıyafetlerin üretiminde kullanılan karbon nanotüpler sayesinde daha sağlam malzemeler elde edilebilmektedir. Bunun yanı sıra leke tutmayan duvar boyaları, ıslanmayan, ütü gerektirmeyen ve kendi kendini temizleyen kumaşlar, kompozit malzemeler ile hidrojen yakıt hücresi de nanotüplerin önemli kullanım alanları arasında sayılabilir.

2.4. LEWIS FORMÜLLERİ

Günümüzde insanların sevdikleriyle anlık iletişim kurmaları oldukça kolaydır. Cep telefonu sayesinde istenen kişiye saniyeler içerisinde ulaşmak mümkündür. Yaklaşık iki yüz yıl öncesinde ise anlık iletişim için telgraf (Görsel 2.16) kullanılmıştır. 1800'lü yıllarda kullanılmaya başlanan ve elektrik sinyalleriyle çalışan telgraf, mesajı Mors alfabesi adı verilen bir kodlama sistemiyle iletir. Bu kodlama sisteminde her harfin nokta ve çizgilerden oluşan bir karşılığı vardır. Vericiden gönderilen kısa elektrik sinyali alıcıda nokta, uzun elektik sinyali ise çizgi şeklinde karşılık bulur. Örneğin uluslararası yardım sinyali olan SOS (Görsel 2.16) üç nokta, üç kısa çizgi ve üç nokta şeklinde iletilir. İletişim teknolojilerinde olduğu gibi kimya biliminde de bir kodlama sistemi vardır. Bu sistem ne gibi kolaylıklar sağlar?

Bu konuda Lewis formülleri ve bu formüllerin kovalent bağlı kimyasalların gösteriminde nasıl kullanılacağı ele alınacaktır.



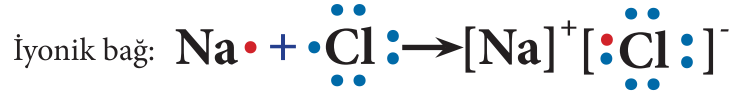
Görsel 2.16: Telgraf ve SOS çağrısı

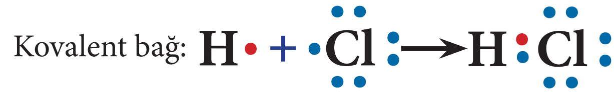
2.4.1. Lewis Simgeleri ve Yapıları

Atomun en dış katmanında bulunan elektronlara **değerlik elektronu** denir. Kimyasal bağ oluşumunda bu elektronlar temel rol oynar. Gilbert Lewis (Gilbırt Luvis) bu elektronların gösteriminde özel bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntemde element sembolünün etrafındaki noktalar değerlik elektronlarını gösterir. Örneğin klor elementinin elektron dağılımı $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ şeklindedir. Bu durumda klor elementi 7 değerlik elektronuna sahiptir. Klor elementinin Lewis simgesi ise şu şekildedir:



Kimyasal bağlardaki elektron alışverişini ya da ortaklaşmasını gösteren Lewis simgeleri bir araya gelerek Lewis yapısını oluşturur. NaCl ve HCl bileşiklerinin Lewis yapısı şu şekildedir:

İyonik bağ: 

Kovalent bağ: 

Bir Hatırlatma

Bir atomun, son katmanındaki elektron sayısını 2'ye tamamlamasına dublet kuralı , 8'e tamamlamasına oktet kuralı denir.

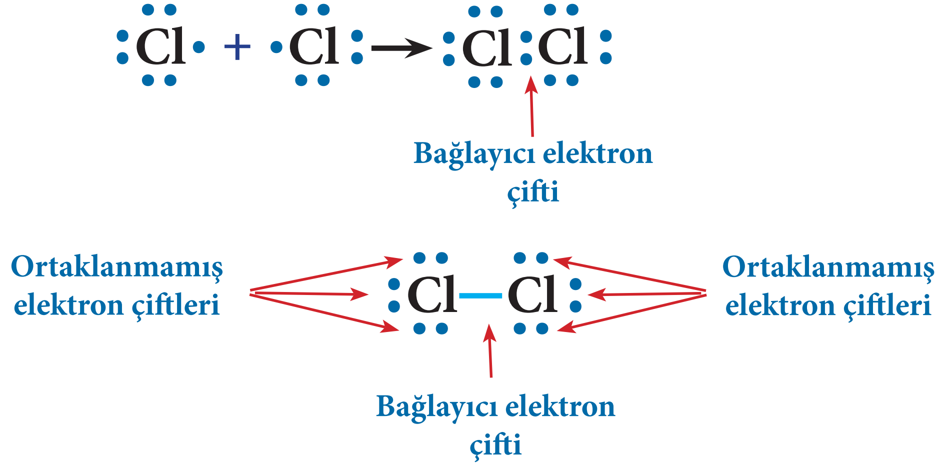
Kovalent Bağlı Kimyasalların Lewis Yapısı

Kovalent bağ, aynı veya farklı iki atom arasında meydana gelir. Kovalent bağı oluşturan atomlar değerlik elektronlarını ortaklaşa kullanır. Lewis yapısı bu ortaklaşmayı gösterebilmek için pratik bir yol sunar. Örneğin HF molekülünün Lewis yapısı şu şekildedir:



Lewis yapısına dikkat edilecek olursa moleküldeki her bir atom, oktetini ve dubletini tamamlamış durumdadır. Hidrojen kendine en yakın soy gaz olan helyumun elektron düzenine, flor elementi ise neonun soy gaz dizilimine ulaşmıştır. Bu bağlanma, hidrojenin etrafında iki, florun etrafında sekiz elektron bulunmasını sağlar. Hidrojen ve flor arasında ortaklaşa kullanılan elektronlar kovalent bağı oluşturur.

Bir çift elektronun iki atom arasında ortaklaşa kullanılması sonucu tekli kovalent bağ meydana gelir. Lewis yapısında elektron çiftleri önem arz eder. Kovalent bağda ortaklaşa kullanılan elektron çiftlerine **bağlayıcı elektron çifti**, bağ oluşumuna katılmayan elektron çiftlerine **ortaklanmamış elektron çifti** denir. Moleküldeki bağlayıcı elektron çiftleri genellikle tek çizgi (–) ile gösterilir.



İki ametal atomu, oktete ulaşabilmek için bir çift elektrondan fazlasını ortak kullanabilir. Bu durumda atomlar arasında çoklu kovalent bağ oluşur. Çoklu kovalent bağ iki ya da üç tane olabilir. Çoklu kovalent bağların Lewis yapısına CO_2 ve N_2 örnek verilebilir.

Karbon dioksit molekülünün Lewis yapısı çizilirken karbon ve oksijenin ortaklanmamış birer elektronu birbiriyle ortaklaşır. Bunun neticesinde karbon ve oksijen arasında tekli kovalent bağ oluşur. Ancak bu durumda karbon ve oksijen, oktetini tamamlayamaz ve şu şekilde bir yapı oluşur:

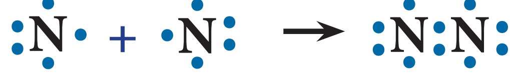


Karbon ve oksijenin, oktetini tamamlayabilmesi için diğer ortaklanmamış elektronların da ortaklaşması gerekir. Bu durumda CO_2 molekülünün Lewis yapısı şu şekilde olur:



Karbon dioksit molekülünün Lewis yapısı incelendiğinde karbon ve oksijen atomları arasında ikişer çift elektronun ortaklaştığı (toplam dört elektron) görülür. Bu dört elektron, karbon ve oksijen atomları arasında ikili kovalent bağ oluşturur.

Azot molekülünün Lewis yapısı çizilirken de aynı mantıktan yola çıkılır. Eğer sadece birer elektron ortaklaşırsa şu yapı ortaya çıkar:



Dikkat!

Bir molekülde karbon atomu daima merkez atom, hidrojen atomu ise daima uç atom olarak yer alır.

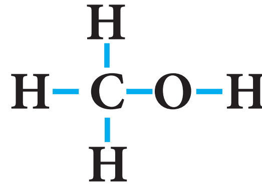
Eğer bu şekilde çizilip bırakılırsa her bir azot atomunun etrafında altı elektron olur ve oktetler tamamlanmaz. Bu nedenle azot atomlarının diğer ortaklanmamış elektronları birbiriyle ortaklaştırılır ve Lewis yapısı şu şekilde olur:



Azot molekülünün Lewis yapısı incelendiğinde azot atomları arasında üçer çift elektronun ortaklaştığı (toplam altı elektron) görülür. Bu altı elektron, azot atomları arasında üçlü kovalent bağ oluşturur.

2.4.2. Lewis Yapısının Çizim Basamakları

Bir molekülün Lewis yapısı çizilirken öncelikle iskelet yapının belirlenmesi önemli bir adımdır. Bu adım ikiden fazla atomdan oluşmuş moleküllerin Lewis yapısının çiziminde kolaylık sağlar. Yapı formülü, moleküldeki atomların bağ oluşturmak için hangi sırayla bir araya geldiğini gösterir. Yapı formülünde öncelikle merkez atom ve uç atomlar belirlenir. Moleküllerde genellikle ortaklanmamış elektron sayısı fazla olan atom merkez atomdur. Merkez atoma iki veya daha fazla atom bağlıdır. Uç atomlar ise sadece bir atoma bağlıdır. Bir molekülde birden fazla merkez ve uç atom bulunabilir. Metanol (CH_3OH) bu moleküllere örnek olarak verilebilir. Bu molekülün yapı formülünde (Görsel 2.17) karbon ve oksijen merkez atom, hidrojenler ise uç atomdur.



Görsel 2.17: Metanolün yapı formülü

Lewis yapısı çizilirken şu adımlar takip edilir:

1. Moleküldeki toplam değerlik elektron sayısı hesaplanır.
2. Merkez ve uç atomlar belirlenir.
3. Uygun iskelet yapı belirlenir. Moleküldeki atomlar birbirine tekli kovalent bağ ile bağlanır.
4. İskelet yapıdaki her bir bağ için toplam değerlik elektron sayısından iki elektron çıkarılır.
5. Kalan değerlik elektronları ile önce uç atomların, sonra merkez atomun okteti tamamlanır. Uç atom hidrojense dubleti tamamlanır.
6. Merkez atomun oktetinde eksiklik varsa çoklu kovalent bağ oluşturulur.

Örnek

C_2H_2 molekülünün Lewis yapısını çiziniz.
($_1H$, $_6C$)

Çözüm

Öncelikle hidrojen ve karbon atomlarının elektron dizilişi yazılarak değerlik elektron sayıları bulunur.

$_1H$: $1s^1$ Değerlik elektron sayısı = 1
$_6C$: $1s^22s^22p^2$ Değerlik elektron sayısı = 4

Çözüm Adımları

1. Toplam değerlik elektron sayısı hesaplanır.
   Toplam değerlik elektron sayısı = (2×4)+(2×1)
   = 10
2. Karbonlar merkez atom, hidrojenler ise uç atomdur.
3. H–C–C–H şeklinde bir iskelet yapı belirlenir ve her bir atom tekli kovalent bağ ile bağlanır.
4. Toplam değerlik elektron sayısından tekli bağdaki elektron sayısı çıkarılır.
   10-(3×2)=4 elektron
5. Uç atomlar hidrojen olduğu için oktet tamamlama söz konusu değildir. Bu nedenle kalan 4 elektronla merkez atomların okteti üçlü bağ olacak şekilde tamamlanır.





Alıştırma

Aşağıda verilen moleküllerin Lewis yapılarını çiziniz.
($_1H$, $_6C$, $_7N$, $_8O$)

a) O_2
b) CH_4
c) C_2H_5OH
ç) HCN
d) HCOOH

2.5. HİBRİTLEŞME-MOLEKÜL GEOMETRİLERİ

Koku duyusu, pek çok canlı için hayati bir öneme sahiptir. Araştırmacılar kokuların karar verme mekanizmasını etkilediğini ortaya koymuşlardır. Örneğin lavanta (Görsel 2.18) kokusunun restoranlarda geçirilen zamanı ve harcanan parayı artırıcı bir etkisi vardır. Kokunun nasıl oluştuğu günümüzde hâlâ netlik kazanmamıştır. Bununla ilgili pek çok teori geliştirilmiştir. Kabul gören teorilerden birine göre koku oluşturan her molekülün burunda belli koku reseptör hücrelerine uyan kendine özgü bir şekli vardır. Molekülün şekli ve boyutu reseptöre uygunsa reseptör beyne sinyal gönderir. Sinyali alan beyin, kokunun hangi maddeden geldiğini belirler. Molekül şekillerinin kimyasal tepkimelerde ne gibi bir önemi vardır? Molekül şekilleri nasıl belirlenir?

Bu bölümde çoklu kovalent bağların oluşumu, orbital hibritleşmesi, molekül geometrisi ve VSEPR konuları ele alınacaktır.



Görsel 2.18: Lavanta kokusunun restoranlarda geçirilen zamanı ve harcanan parayı artırıcı etkisi vardır.

2.5.1. Çoklu Kovalent Bağ

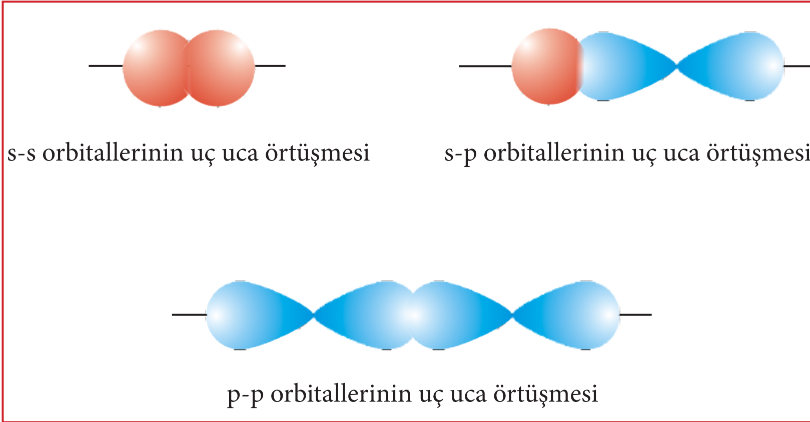
Kovalent bağ oluşumunu açıklayan pek çok kuram vardır. Bunlardan biri **değerlik bağ kuramı**dır. Bu kurama göre bir atomdaki yarı dolu orbital ile diğer atomun yarı dolu orbitali örtüştüğünde kimyasal bağ oluşur. Örtüşen bu iki orbitaldeki elektron sayısı ikiden fazla olamaz ve bu elektronlar her iki atomda ortak hareket etmeye başlar.

Bu kurama göre atomik orbitallerin örtüşmesi sonucu iki tür kovalent bağ meydana gelebilir. Orbitaller molekül oluşturmak üzere uç uca girişim yaparsa oluşan bağ **sigma** (σ) bağıdır. Sigma bağında elektron yoğunluğu, iki atom arasında ve iki atomu birleştiren doğru (bağ ekseni) üzerindedir. Sigma bağı iki atom arasında meydana gelen ilk bağdır. İki atomlu moleküllerde sigma bağları iki s orbitalinin, bir s orbitali ile bir p orbitalinin veya iki p orbitalinin örtüşmesiyle meydana gelir. İki atomun p orbitallerinin yan yana gelerek girişimde bulunması durumunda **pi** (π) bağı oluşur. Böylelikle atomlar arasında ikili ve üçlü bağlar meydana gelir. Sigma bağları pi bağlarına göre daha kararlıdır. Bu nedenle sigma bağlarını kırmak için gerekli olan enerji, pi bağlarını kırmak için gerekli enerjiden daha fazladır.

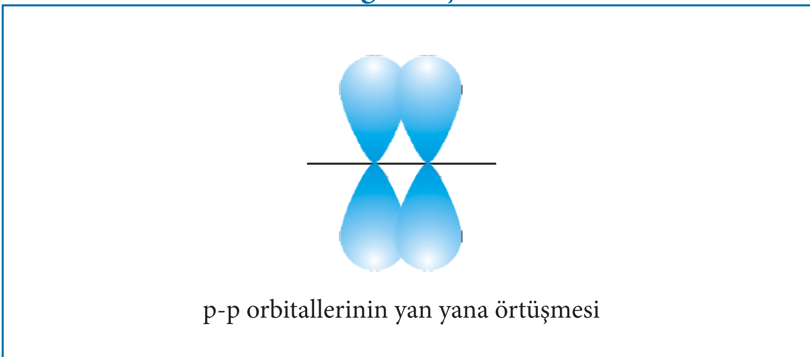
Dikkat!

Molekülde sigma bağı oluşmadan pi bağı oluşmaz.

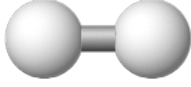
σ Bağı Oluşumu



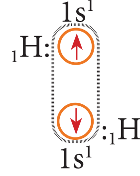
π Bağı Oluşumu

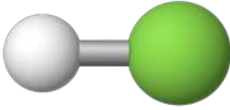


İki atomlu bazı moleküllerin top çubuk modelleri ve orbital örtüşmeleri şu şekildedir:

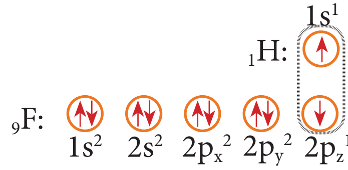


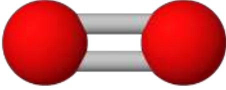
H_2 Molekülü: Her bir hidrojen atomunun 1s orbitalinde birer eşlenmemiş elektron vardır. Orbitaller uç uca örtüşerek iki atom arasında sigma (σ) bağını oluşturur.



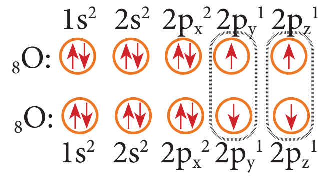


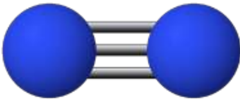
HF Molekülü: Hidrojenin yarı dolu 1s orbitali ile flor atomunun yarı dolu 2p orbitali uç uca örtüşerek iki atom arasında sigma (σ) bağını oluşturur.



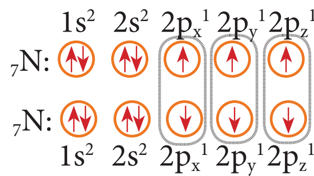


O_2 Molekülü: Her oksijen atomunda iki yarı dolu 2p orbitali vardır. Bu orbitallerden biri uç uca örtüşerek iki atom arasında sigma (σ) bağını, diğeri yan yana örtüşerek pi (π) bağını oluşturur.



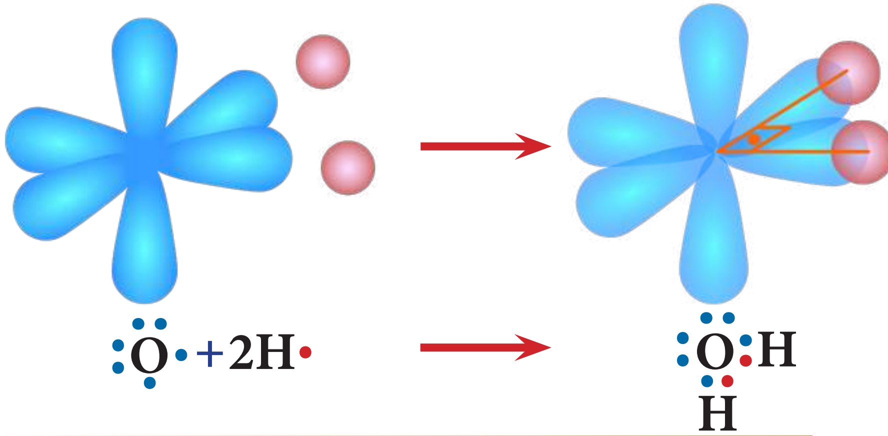


N_2 Molekülü: Her bir azot atomunda üç yarı dolu 2p orbitali vardır. Bu orbitallerden biri uç uca örtüşerek iki atom arasında sigma (σ) bağını, diğer orbitaller yan yana örtüşerek pi(π) bağlarını oluşturur.

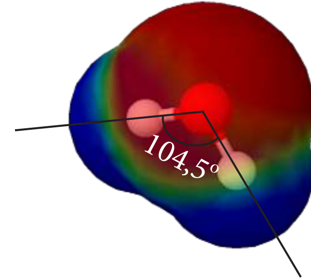


2.5.2. Hibrit Orbitaller

İki atomlu moleküller her zaman doğrusal bir geometri oluşturur. Ancak molekülü oluşturan atomların sayısı üç veya daha fazla olunca bağların durumu ve oluşumunu açıklamada değerlik orbital teorisi yetersiz kalır. Çünkü değerlik orbital teorisine göre üç atomlu H_2O molekülünün bağ yapısında oksijenin elektron dizilişi $1s^2 2s^2 2p^4$ şeklindedir. Bu dizilişe göre oksijenin 2p orbitallerinde yarı dolu iki orbital bulunur. Bu orbitallerdeki her bir elektron iki hidrojen atomunun birer elektronu ile girişim yaparak bağ oluşturur. Oksijenin p orbitalleri birbirine dik eksenler üzerinde bulunduğundan oluşacak bağlar arasındaki açılar da 90° olmalıdır (Görsel 2.19).



Görsel 2.19: Lewis yapısına göre H_2O molekülü ve bağ açısı



Görsel 2.20: Su molekülünde hidrojenler arasındaki açı

Deneylerde yapılan bağlar arası ölçümler göstermiştir ki H_2O molekülünde O-H bağları arasındaki açı 104,5 derecedir (Görsel 2.20). Aynı çelişkili sonuçları CH_4, NH_3 gibi çok atomlu moleküllerde de gözlemek mümkündür. Pauling bu durumu hibritleşme yaklaşımı ile açıklamıştır. Merkez atomda bulunan atomik orbitallerin karışıp yeniden düzenlenmesi ile tek tip yeni bir tür orbital oluşturmasına **hibritleşme** denir. Diğer bir ifade ile hibritleşme, atomik orbitallerin aynı enerji seviyesinde yeniden düzenlenmesidir. Oluşan bu yeni orbitallere de **hibrit orbital** adı verilir.

Merkez atomun değerlik elektronları farklı tür orbitallerde bulunabilir. Bu orbitallerin yapısı ve şekli de farklı olabilir. Örneğin s orbitalleri küresel şekle sahipken p orbitallerinin şekli sekize benzer. Ayrıca her iki orbitalin enerjisi de birbirinden faklıdır. Bu durum, orbitallerin üç boyutlu ortamdaki dağılımında kararsız bir hâl oluşturur. Atom, hibritleşmeyi bu kararsız hâlden kurtulmak için yapar.

Hibrit orbitallerin **sp, sp^2 ve sp^3** olmak üzere başlıca üç temel türü vardır. Harfler orbital türlerini, sayılar ise o orbital türünden kaç tane olduğunu gösterir. Örneği sp^2 hibrit orbitalinde bir s, iki p orbitali olmak üzere toplam üç atomik orbital vardır.

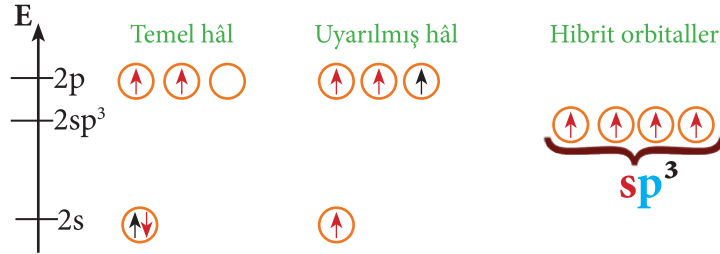
Karbon atomu kimyasal özellikleri nedeniyle bu üç hibritleşme türünü de gerçekleştirebilir. Bu sayede karbon atomları arasında tekli, ikili ve üçlü bağlar meydana gelir.

Karbonun yaptığı sp^3 hibritleşmesi için en uygun örneklerden biri CH_4 (metan) bileşiğidir. Karbon atomunun temel hâl elektron dağılımı şu şekildedir:



Bu elektron dağılımına göre karbonun bağ yaparak CH_2 bileşiğini oluşturması gerekir. Ancak karbonun hidrojenle yapmış olduğu en basit bileşiğin CH_4 olduğu bilinmektedir.

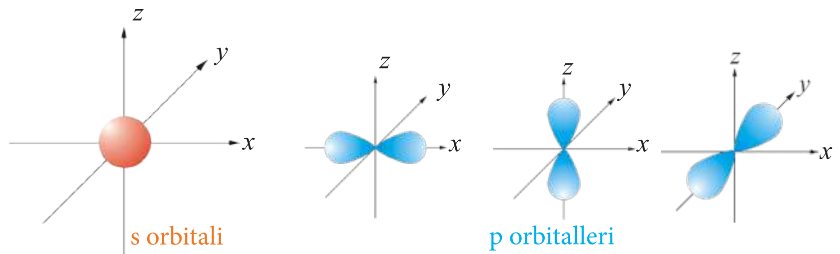
Karbonun 2s orbitalindeki iki elektronundan biri uyarılarak $2p_z$ orbitaline geçer. Böylece karbon atomu dört tane bağ yapabilecek yarı dolu orbitale sahip olur. Karbonun yeni elektron dağılımı ve oluşan hibrit orbitallerin enerji düzeyleri şu şekildedir:



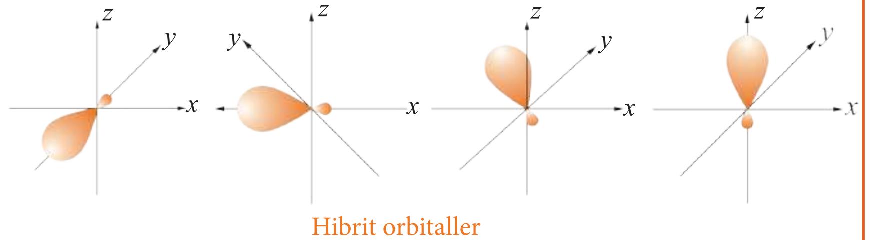
Karbon atomu, bir s orbitalini ve üç p orbitalini (Görsel 2.21) kullanarak birbirine özdeş dört sp^3 hibrit orbitaline sahip olur. Bu sayede karbon, CH_2 bileşiği yerine CH_4 bileşiğini oluşturur. Metan molekülündeki karbon atomunun yaptığı sp^3 hibritleşmesi (Görsel 2.22) $_6C$: $1s^2 2(sp^3)^1 2(sp^3)^1 2(sp^3)^1 2(sp^3)^1$ şeklinde ifade edilebilir.

Dikkat!

Sigma bağları, iki hibrit orbitalin veya bir s orbitali ile bir hibrit orbitalin örtüşmesi sonucunda da meydana gelebilir.

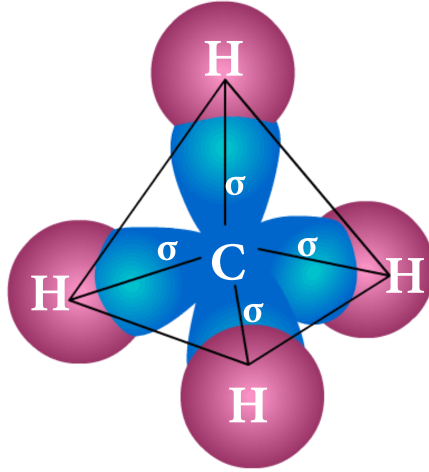


Görsel 2.21: Karbon atomunun 2s ve 2p değerlik orbitalleri



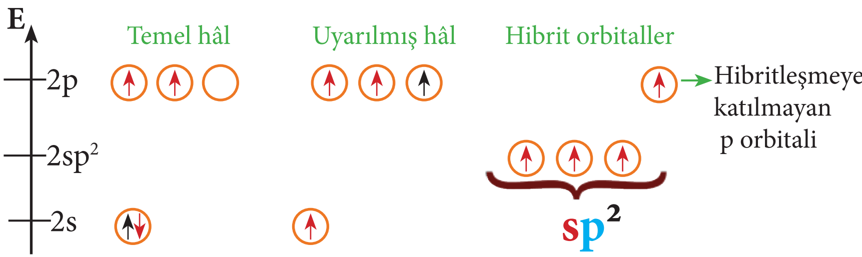
Görsel 2.22: 2s ile 2p orbitallerinden sp^3 hibrit orbitallerinin oluşması

Bu hibrit orbitaller, hidrojenin s orbitalleriyle örtüşerek sigma bağlarını oluşturur. Aşağıda CH_4 molekülündeki orbital örtüşmeleri ile sigma bağları görülmektedir (Görsel 2.23).

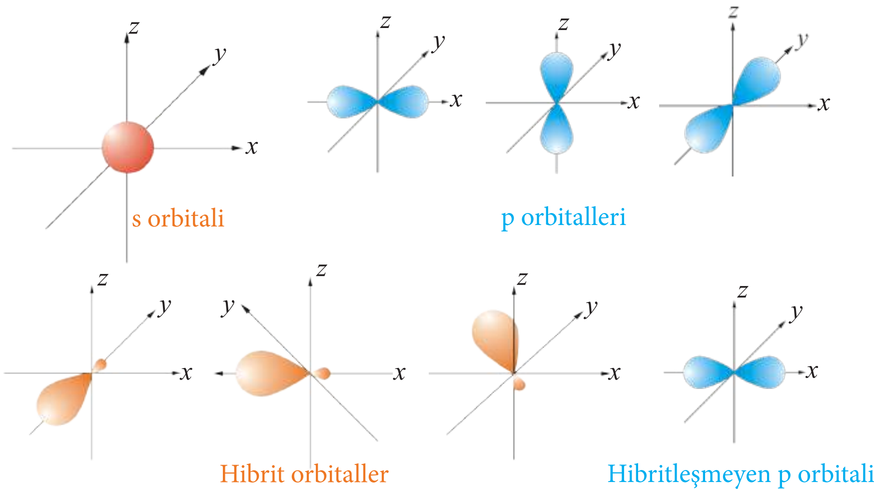


Görsel 2.23: Metan (CH_4) molekülündeki orbital örtüşmeleri ile sigma oluşumu

Karbonun sp^2 hibritleşmesi yaptığı en basit molekül etendir (C_2H_4). Bu moleküldeki karbonların yeni elektron düzeni ve oluşan hibrit orbitallerin enerji düzeyi şu şekildedir:

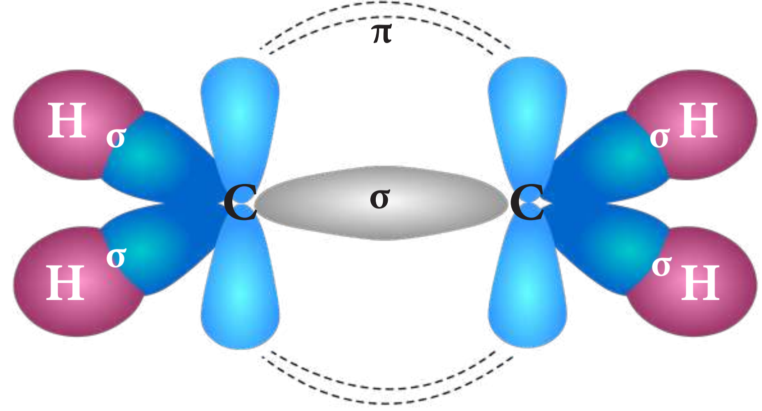


Eten molekülündeki karbon atomlarının yaptığı sp^2 hibritleşmesi $_6C$: $1s^2 2(sp^2)^1 2(sp^2)^1 2(sp^2)^1 2p^1$ şeklinde ifade edilebilir. Bu moleküldeki karbon atomlarının her biri üçer tane özdeş sp^2 hibrit orbitaline sahiptir (Görsel 2.24).



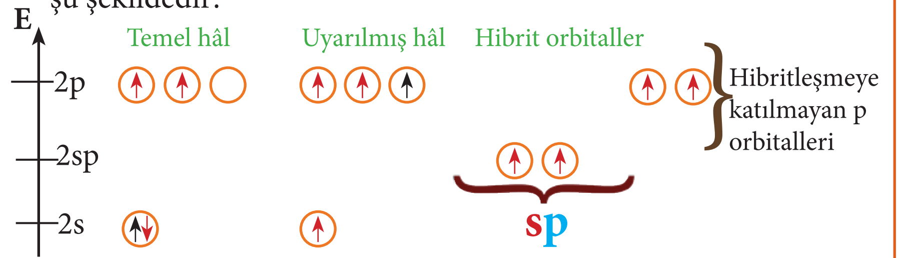
Görsel 2.24: Eten (C_2H_4) molekülündeki karbonlara ait 2s ve 2p orbitallerinin sp^2 hibritleşmesi

Eten molekülündeki hibrit orbitallerinin ikisi hidrojenle, diğeri komşu karbon atomuyla örtüşerek sigma (σ) bağını oluşturur. Karbon atomunun 2p orbitallerinden biri hibritleşmeye katılmaz. Bu orbital, komşu karbonun hibritleşmemiş 2p orbitaliyle örtüşerek pi (π) bağını oluşturur. Aşağıda eten molekülündeki orbital örtüşmeleri ile sigma ve pi bağları görülmektedir (Görsel 2.25).

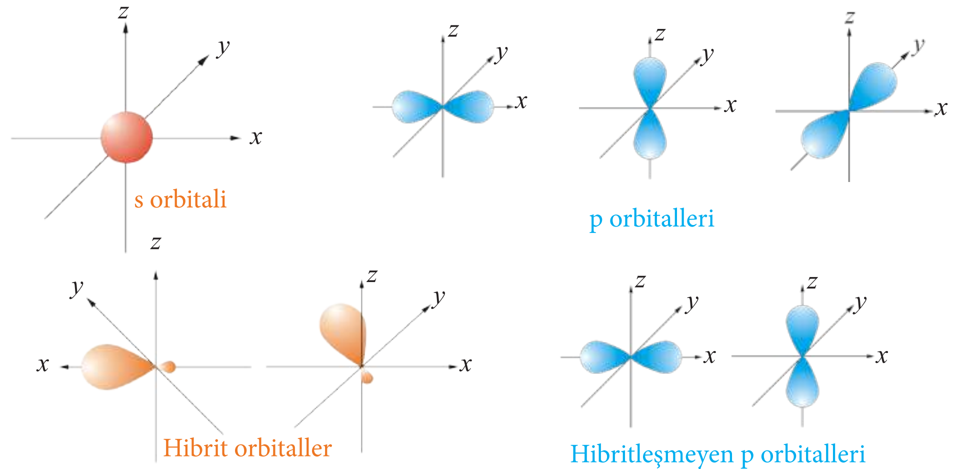


Görsel 2.25: Eten (C_2H_4) molekülündeki orbital örtüşmeleri ile sigma oluşumu

Karbon atomunun yaptığı sp hibritleşmesi için C_2H_2 (asetilen) molekülü uygun bir örnektir. Bu moleküldeki karbonların yeni elektron düzeni ve oluşan hibrit orbitallerin enerji düzeyi şu şekildedir:

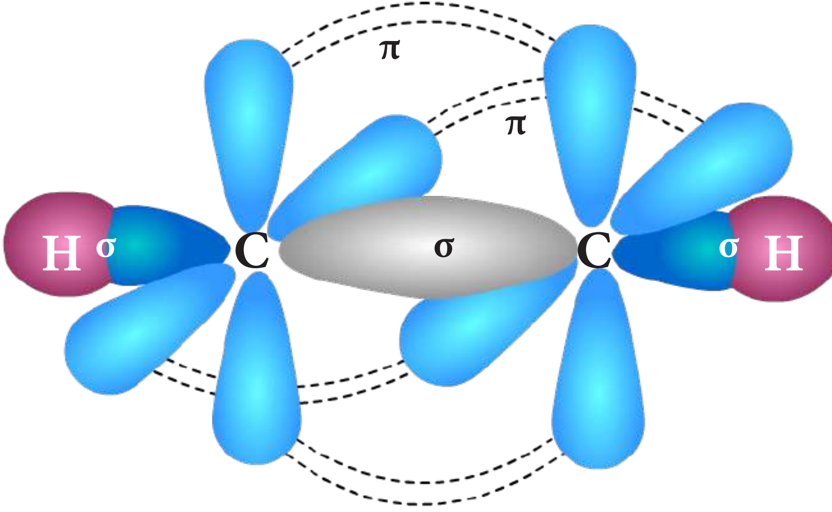


Asetilen molekülündeki karbon atomlarının yaptığı sp hibritleşmesi $_6C$: $1s^2 2(sp)^1 2(sp)^1 2p^2$ şeklinde ifade edilebilir. Etin molekülü incelendiğinde karbon atomlarının her birinin iki özdeş sp hibrit orbitaline sahip olduğu görülür (Görsel 2.26).



Görsel 2.26: Etin (C_2H_2) molekülündeki karbonlara ait 2s ve 2p orbitallerinin sp hibritleşmesi

Bu hibrit orbitallerinin biri hidrojenle, diğeri komşu karbon atomuyla örtüşerek sigma bağını (σ) oluşturur. Karbon atomunun 2p orbitallerinden ikisi hibritleşmeye katılmaz. Bu orbitaller komşu karbonun hibritleşmemiş 2p orbitalleriyle örtüşerek pi (π) bağlarını oluşturur. Aşağıda etin molekülündeki orbital örtüşmeleri ile sigma ve pi bağları görülmektedir (Görsel 2.27).



Görsel 2.27: Etin (C_2H_2) molekülündeki orbital örtüşmeleri ile sigma oluşumu

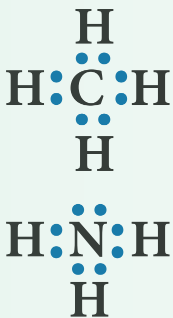
Hibritleşmenin türü bulunurken molekülün Lewis yapısına bakılır. Merkez atomun etrafındaki bağ yapmış ya da yapmamış tüm elektron çiftleri sayılır. Pi bağlarındaki elektron çiftleri bu hesaba katılmaz. Elektron çifti sayısının bir tanesi s orbitali, geri kalanı ise p orbitali olacak şekilde hibritleşme türü belirlenir.

Örnek

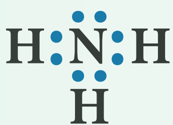
CH_4 ve NH_3 moleküllerindeki merkez atomların hibritleşme türünü bulunuz. ($_1H$, $_6C$, $_7N$)

Çözüm

Öncelikle her bir molekülün Lewis yapısı çizilir.



Lewis yapısına göre karbon atomu merkez atomdur. Karbonun etrafında bağ yapmış dört elektron çifti vardır. Bu durumda karbon atomu sp^3 hibritleşmesi yapmıştır.



Lewis yapısına göre azot atomu merkez atomdur. Azotun etrafında bağ yapmış üç, bağ yapmamış bir elektron çifti olmak üzere toplam dört elektron çifti vardır. Bu molekülde azot sp^3 hibritleşmesi yapmıştır.

Alıştırma

H_2O, BH_3 ve HCN moleküllerindeki merkez atomların hibritleşme türünü bulunuz. ($_1H$, $_5B$, $_6C$, $_7N$)

2.5.3. Molekül Geometrisi ve VSEPR Yaklaşımı

Molekülün geometrisi, bir moleküldeki atomların üç boyutlu olarak düzenlenmesidir. Molekül geometrisi molekülün fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirler. Hibritleşme kavramı, bir molekülün geometrisini deneysel olarak açıklamak için ortaya atılmıştır. Bu kavram birçok molekülün şeklini açıklayabilse de (En iyi sonucu karbon içeren moleküllerde vermektedir.) tek başına yeterli değildir. Gillespie (Gilespi) ve Nyholm (Nüholm) moleküllerin şeklinin anlaşılabilmesi için "**Değerlik Katmanı Elektron Çifti İtmesi (VSEPR)**" yaklaşımını ortaya atmıştır. VSEPR, İngilizce "Valance Shell Electron Pair Repulsion" ifadesindeki kelimelerin baş harfleriyle oluşturulan kısaltmadır. Bu kurama göre

1. Bir molekülün geometrisi (şekli), merkez atomun değerlik katmanında bulunan tüm elektron çiftleri arasındaki itme tarafından belirlenir.
2. Elektron çiftleri birbirini ittiği için merkez atomun değerlik katmanındaki elektron çiftlerinin birbirinden mümkün olan en uzak konumda yer aldığı kabul edilir.
3. Merkez atom etrafındaki ortaklanmamış elektron çifti, ortaklaşılmış elektron çiftinden (bağ yapmış elektron çifti) daha büyük hacimdedir. Dolayısıyla merkez atomda ortaklaşılmamış elektron çifti varsa ideal şekle göre molekül geometrisi kısmen bozulur ve bağ açıları bir miktar değişir.

VSEPR Yaklaşımının Kuralları

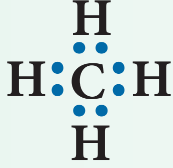
1. Molekülün Lewis yapısı çizilir.
2. Merkez atom "A" harfi ile gösterilir.
3. Merkez atoma bağlı diğer atomlar "X" ile gösterilir
4. Merkez atomda ortaklanmamış elektron çifti varsa bunlar "E" ile gösterilir.

Örnek

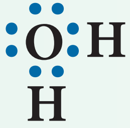
H_2O ve CH_4 moleküllerinin VSEPR gösterimini yazınız.
($_1H$, $_6C$, $_8O$)

Çözüm

Öncelikle her bir molekülün Lewis yapısı çizilir.



Merkez atom olan karbon A ile, karbona bağlı hidrojenler ise X ile gösterilir. Karbon atomunda ortaklanmamış elektron olmadığı için VSEPR gösteriminde E harfi yer almaz. Bu durumda CH_4 molekülünün VSEPR gösterimi AX_4 şeklindedir.



Merkez atom olan oksijen A ile, oksijene bağlı hidrojenler ise X ile gösterilir. Oksijen atomundaki ortaklanmamış elektron çiftleri E ile gösterilir. Bu durumda H_2O molekülünün VSEPR gösterimi AX_2E_2 şeklindedir.

Alıştırma

VSEPR gösterimi AX_3 ve AX_3E olan bileşiklerin

a) Merkez atomlarının grup numaralarını bulunuz.

b) Merkez atomlarının hibritleşme türlerini bulunuz.



PhET ortamındaki VSEPR gösterimi konulu ders içeriği için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

Bu kurallara göre **AX_2, AX_3, AX_4, AX_3E** ve **AX_2E_2** olmak üzere beş temel VSEPR gösteriminden söz edilebilir. Bu gösterimler sayesinde moleküllerin geometrisi belirlenebilir. Molekül geometrisi, molekülün polarlığını belirleyen unsurdur. Merkez atomda eşlenmemiş elektron çiftinin bulunması veya molekülün asimetrik yapıda olması molekülün dipol momentinin sıfırdan farklı olmasına neden olur. Bu durum moleküle polar özellik kazandırır. Ayrıca molekül geometrisi; molekülün tadı, kokusu, rengi, çözünürlüğü, erime ve kaynama noktası gibi fiziksel ve kimyasal özelliğini de belirler. Aşağıda 2. periyottaki bazı elementlerin hidrojenle oluşturduğu moleküllerin VSEPR gösterimleri, hibritleşme türleri ve molekül geometrileri verilmiştir (Tablo 2.3).

Tablo 2.3: Bazı elementlerin hidrojenle oluşturduğu moleküllerin VSEPR gösterimleri

Molekül	VSEPR Gösterimi	Merkez Atomun Hibrit Türü	Molekül Geometrisi	Bağ Açısı	Top Çubuk Modeli	Molekül Polaritesi
BeH_2	AX_2	sp	Doğrusal	180°		Apolar
BH_3	AX_3	sp^2	Düzlem üçgen	120°		Apolar
CH_4	AX_4	sp^3	Düzgün dörtyüzlü	109,5°		Apolar
H_2O	AX_2E_2	sp^3	Kırık doğru	104,5°		Polar
NH_3	AX_3E	sp^3	Üçgen piramit	107°		Polar

A) Aşağıdaki soruların cevaplarını boş bırakılan yerlere yazınız.

1. Canlı olmayan kaynaklardan elde edilen bileşiklerin genel adı nedir?

2. Organik bileşik sentezinin sadece canlı organizma tarafından gerçekleşeceğine olan inanış, hangi maddenin laboratuvarda sentezinden sonra son bulmuştur?

3. Bir bileşiği oluşturan atomların cinsini ve birleşme oranını en küçük tam sayılarla gösteren formül hangisidir?

4. Bağ yapımına katılan atomların orbitallerinin uç uca örtüşmesi ile oluşan bağların adı nedir?

5. Bir karbon atomu 3 sigma 1 pi bağı yaptığında hangi hibritleşme türü oluşur?

6. İki atom arasında kurulan ilk bağın adı nedir?

7. Bağ yapacak atomdaki değerlik elektronlarının enerji düzeylerinin değiştirilerek yeniden düzenlenmesi ile yeni orbitallerin oluşmasına ne denir?

8. Bir karbon atomu kalınlığındaki grafit katmanlarına ne ad verilir?

9. Kovalent bağı meydana getiren elektron çiftine ne ad verilir?

10. VSEPR gösterimi AX_2E_2 olan molekülün şekli nedir?

B) Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

11. Aşağıda kimyasal formülü verilen bileşiklerin ortaklanmış ve ortaklanmamış elektron çifti sayısını belirtiniz.
($_1$H, $_6$C, $_8$O, $_{17}$Cl)

Bileşik	Ortaklanmış Elektron Sayısı	Ortaklanmamış Elektron Sayısı
C_2H_6		
C_2H_2		
CH_3CHO		
CH_3CH_2Cl		

12. Aşağıda verilen boşlukları uygun şekilde doldurunuz.
($_1$H, $_6$C, $_7$N, $_8$O, $_{15}$P, $_{17}$Cl)

Molekül	Hibritleşme Türü	Molekül Geometrisi	VSEPR Gösterimi	Molekül Polaritesi
CCl_4				
CO_2				
HCN				
PH_3				
H_2S				

13. X ve Y elementlerinden oluşan bir bileşiğin kütlesinin %60'ı Y elementidir.
Y elementinin atom kütlesi X elementinin atom kütlesinin iki katı olduğuna göre bileşiğin basit formülünü bulunuz.

14. Karbon, hidrojen, azot ve oksijen elementlerinden oluşan bir organik bileşiğin bir miktarı analiz edildiğinde 3,6 g C, 0,6 mol H, 2,8 g N ve 12.10^{22} tane O atomu içerdiği tespit ediliyor.
Buna göre bileşiğin basit formülünü bulunuz.
(H:1 g/mol, C:12 g/mol, N:14 g/mol, O:16 g/mol, Avogadro sayısı: 6.10^{23})

15. Tabloda verilen maddelerin organik mi yoksa anorganik mi olduğunu belirtiniz.

Madde	Organik/Anorganik	Madde	Organik/Anorganik
Naylon		Şeker	
Sönmüş kireç		Petrol	
Çelik		Kaya tuzu	
Sirke		Kezzap	
Pas		Mum	

16. Karbon ve hidrojen elementlerinden oluşan bileşiğin bir miktarı yakılınca 3,52 g CO_2 ve 2,16 g H_2O oluşuyor.
Bileşiğin mol kütlesi 30 gram olduğuna göre molekül formülü nedir?
(C:12 g/mol, H:1g/mol, O:16 g/mol)

17. Karbon, hidrojen ve oksijen elementlerinden oluşan bir bileşiğin 1,24 gramı yakılınca 1,76 gram CO_2 ve 1,08 gram H_2O oluşuyor.
Bileşiğin molekül kütlesi 62 gram olduğuna göre basit ve molekül formülü nedir?
(C:12 g/mol, H:1g/mol, O:16 g/mol)

18. Karbon, hidrojen ve oksijen elementlerinden oluşan organik bir bileşiğin 2 litresini yakmak için aynı koşullarda 6 litre oksijen gazı kullanılıyor. Tepkime sonunda 6 litre su buharı ve 4 litre karbon dioksit gazı oluşuyor.
Bu bileşiğin molekül formülünü bulunuz.

19. H_2O molekülünde bağ yapımına katılmayan elektronlar, su molekülünün hangi özelliklere sahip olmasına neden olur? Açıklayınız.
($_1H$, $_8O$)

20. Aşağıda verilen moleküllerin sigma ve pi bağı sayılarını bulunuz.

Molekül	Sigma Bağı Sayısı	Pi Bağı Sayısı
$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2$ (son C üzerinde OH)		
$CH_3-CH=CH-CH_3$		
CH_2O		
$CH_3-C\equiv C-CH_2-CH_3$		

C) Aşağıdaki soruların doğru cevaplarını işaretleyiniz.

21. VSEPR gösterimi AX_3E şeklinde olan bir molekül ile ilgili

I. Molekül geometrisi düzlem üçgendir.
II. sp^3 hibritleşmesi yapar.
III. Merkez atom üzerinde ortaklanmamış elektron çifti yoktur.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) II ve III

22. $\overset{5}{C}H \equiv \overset{4}{C} - \overset{3}{C}H_2 - \overset{2}{C}H = \overset{1}{C}H_2$

Açık formülü yukarıda verilen hidrokarbon ile ilgili

I. 4 ve 5 numaralı karbon atomları sp hibritleşmesi yapmıştır.
II. Yapısında 10 sigma bağı vardır.
III. sp^3 hibritleşmesi yapan 2 karbon atomu vardır.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III D) I ve II E) I, II ve III

23. 5A grubundaki azot atomu ile 7A grubundaki flor atomunun oluşturacağı molekülün şekli aşağıdakilerden hangisidir?

A) Düzlem üçgen
B) Üçgen piramit
C) Düzgün dörtyüzlü
D) Açısal
E) Doğrusal

24.

Molekül	**VSEPR**
I. CCl_4	AX_4
II. PCl_3	AX_3E_2
III. H_2S	AX_2E

Yukarıdaki moleküllerden hangisi ya da hangilerinin VSEPR gösterimi yanlıştır?

($_1H$, $_6C$, $_{15}P$, $_{16}S$, $_{17}Cl$)

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) II ve III

25. Allotrop atomlar için

I. Fiziksel özellikleri farklıdır.
II. Molekül geometrileri aynıdır.
III. Kimyasal tepkimeye girme eğilimleri aynıdır.

yargılarından hangisi ya da hangileri yanlıştır?

A) II ve III B) I ve III C) I ve II D) Yalnız I E) Yalnız II

26. Grafit ve elmas ile ilgili

I. Grafitteki karbon atomları düzgün dörtyüzlü bir yapı oluşturur.
II. İkisi de elektriği iletmez.
III. İkisi de karbonun allotropudur.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve III E) I, II ve III

27. Kaba formülü verilen bir bileşiğin

I. Elementlerinin sayıca birleşme oranı,
II. Molekül kütlesi,
III. Elementlerin türü

niceliklerinden hangisi ya da hangileri bilinebilir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve III E) I, II ve III

28. **I.** CH_3COOH
II. CH_3OCH_3
III. $C_6H_{12}O_6$

Kaba formülü CH_2O olarak bilinen bir bileşiğin molekül formülü yukarıdakilerden hangisi ya da hangileri olabilir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve III E) I, II ve III

29. 5,4 g X_mY_n bileşiğinin 1,4 gramı X elementidir.

Bileşiğin normal koşullarda 5,6 litresi 27 gram olduğuna göre bileşik için

I. Molekül formülü,
II. Elementlerin kütlece yüzdeleri,
III. Bir molekülündeki toplam atom sayısı

niceliklerinden hangisi ya da hangileri bulunabilir?

(X:14 g/mol, Y:16 g/mol)

A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III D) II ve III E) I, II ve III

30. **I.** Bir atom, yapısındaki yarı dolu orbital sayısı kadar bağ yapabilir.
II. İki atom arasında oluşan ilk bağ sigma, ikinci bağ ise pi bağıdır.
III. Sigma bağları pi bağlarına göre daha güçlüdür.

Kovalent bağlara ilişkin yukarıdaki yargılardan hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve III E) I, II ve III

31. Organik kelimesini ilk kez kullanan bilim insanı aşağıdakilerden hangisidir?

A) Wöhler B) Kekule C) Berzelius D) Cannizaro E) Lewis

32. **I.** Çözeltileri genellikle elektriği iletmez.
II. Kimyasal tepkimeleri hızlıdır.
III. Genellikle yanıcıdır.
IV. Genellikle iyonik bağlıdır.
V. Kendilerine özgü renk ve kokuları vardır.

Yukarıdaki özelliklerin organik ve anorganik bileşikler şeklinde sınıflandırılması seçeneklerin hangisinde doğru olarak verilmiştir?

	Organik	Anorganik
A)	I, III, V	II, IV
B)	I, II, V	III, IV
C)	I, V	II, III, IV
D)	II, IV	I, III, V
E)	I, III, IV	II, V

33. Aşağıdaki moleküllerden hangisinde hem molekül içi bağlar hem de molekül polardır?
($_6C$, $_1H$, $_{14}Si$, $_8O$, $_7N$, $_4Be$, $_9F$)
A) CH_4 B) SiO_2 C) NF_3 D) O_2 E) BeH_2

34. Bir molekülde ortaklaşa kullanılan elektronlara bağlayıcı elektron çifti denir.
Buna göre aşağıdaki moleküllerin hangisinde bağlayıcı elektron çifti en fazladır?
($_6C$, $_1H$, $_8O$, $_7N$)
A) N_2 B) O_2 C) CH_4 D) NH_3 E) H_2O

35. Aşağıdaki bilgilerden hangisi VSEPR gösterimi AX_2 ve AX_2E_2 olan iki molekül için de doğrudur?
A) Polar moleküllerdir.
B) Ortaklanmamış elektron çifti içerir.
C) Bağ açıları eşittir.
D) Polar kovalent bağ içerir.
E) Merkez atomları sp hibritleşmesi yapar.

36. $CH_3 - CH = C = CH - CH_2 - C \equiv CH$
Verilen moleküldeki karbon atomlarının yaptığı hibritleşme türü ve sayısı aşağıdakilerin hangisinde doğru olarak verilmiştir?
A) 3 tane sp + 2 tane sp^2 + 2 tane sp^3
B) 2 tane sp + 3 tane sp^2 + 2 tane sp^3
C) 2 tane sp + 2 tane sp^2 + 3 tane sp^3
D) 3 tane sp + 1 tane sp^2 + 3 tane sp^3
E) 1 tane sp + 4 tane sp^2 + 1 tane sp^3

37. Aşağıda verilen moleküllerden hangisi pi (π) bağı içermez?
($_1H$, $_6C$, $_7N$, $_8O$, $_9F$)
A) C_2H_4 B) CO_2 C) O_2 D) N_2 E) F_2

38. VSEPR yaklaşımı, molekül şekillerinin belirlenmesinde kullanılır.
VSEPR yaklaşımına göre aşağıdaki moleküllerden hangisinin şekli yanlış verilmiştir?
($_1H$, $_3B$, $_6C$, $_7N$, $_8O$, $_9F$, $_{16}S$)

	Molekül	Molekül Şekli
A)	CO_2	Doğrusal
B)	CH_4	Düzgün dörtyüzlü
C)	BH_3	Üçgen piramit
D)	NF_3	Üçgen piramit
E)	H_2O	Kırık doğru

39.
H:N̈:H (alt: H) — I
H:B:H (alt: H) — II
H:P̈:H (alt: H) — III

Yukarıdaki moleküllerden hangisinin Lewis yapısı doğru verilmiştir?
($_7N$, $_1H$, $_{15}P$, $_5B$)
A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) II ve III E) I, II ve III

40. Organik bir bileşiğin 0,5 molünün yanması için 3,75 mol hava kullanılmıştır.
Yanma sonucunda 0,5 mol CO_2 ve 1 mol H_2O oluştuğuna göre bileşiğin molekül formülü aşağıdakilerin hangisinde doğru olarak verilmiştir?
(Havanın 1/5'i oksijendir.)
A) CH_4 B) CH_3OH C) C_2H_6 D) C_2H_5OH E) C_3H_8

41. Aşağıda verilen bileşik sınıflarından hangisinin organik olduğu kesindir?
A) Asit B) Baz C) Tuz D) Su E) Yağ

42. İçerisinde bulunmadığı bileşiklerin organik sayılmadığı, her bulunduğu bileşiğin de organik olmadığı elementin sembolü aşağıdakilerden hangisidir?
A) C B) H C) N D) O E) S

43. Fullerenlerle ilgili
I. Karbonun allotropudur.
II. Sadece altıgen halkalardan oluşur.
III. Nanoteknolojik ürünlerde kullanılabilir.
yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?
A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve III E) I, II ve III

44. Aşağıdakilerden hangisi organik bir bileşiktir?
A) KCN B) $CaCO_3$ C) CaC_2 D) $(NH_2)_2CO$ E) CO_2

45. BH_3 molekülünün merkez atomunun hibritleşme türü aşağıdaki moleküllerden hangisinin merkez atomunun hibritleşme türüyle aynıdır?
($_1H$, $_5B$, $_6C$, $_7N$, $_8O$)
A) CH_4
B) C_2H_2
C) C_2H_4
D) NH_3
E) H_2O

3. ÜNİTE ORGANİK BİLEŞİKLER

Anahtar Kavramlar

Aldehit, Alifatik bileşik, Alkan, Alken, Alkil halojenür, Alkin, Alkol, Aromatik bileşik, Ester, Eter, Fonksiyonel grup, Halkalı yapılar, Hidrokarbon, İzomerlik, Karboksilik asit, Keton, Yağ asidi, Yapısal izomerlik, Zincir yapılı bileşikler

Neler Öğrenilecek?

Bu ünitede hidrokarbonlar, fonksiyonel gruplar, alkoller, eterler, karbonil bileşikleri, karboksilik asitler ve esterler konuları öğrenilecektir.

Hazırlık Soruları

Günlük yaşamda karşılaştığınız maddeleri organik ve anorganik olarak sınıflandırabilir misiniz?



3.1. HİDROKARBONLAR

Mum, insanoğlunun en eski icatlarından biridir. Antik Mısır'la ilgili yapılan arkeolojik kazılarda MÖ 3000'li yıllara ait mum çubuklar bulunmuştur. Mum, önceleri çeşitli hayvan ve bitki yağlarından elde edilmiştir. Özellikle okyanuslarda yaygın bulunan ispermeçet balinası yağı, mum yapımında çok yoğun bir şekilde kullanılmıştır (Görsel 3.1). Petrolün bulunuşuyla gelişmeye başlayan petrokimya sanayisi bu durumu değiştirmiştir. Günümüzde mum yapımı için kozmetik ve dermatoloji alanlarında da sıklıkla yararlanılan parafin kullanılır. Parafin, sadece karbon ve hidrojen atomlarından oluşan ve yirmi ile kırk arası karbon atomunun zincir şeklinde sıralandığı bir moleküldür.

Bu bölümde hidrokarbonlar, hidrokarbonların türleri, formülleri, özellikleri ve kullanım alanları ele alınacaktır.



Görsel 3.1: Eskiden ispermeçet balinaları mum üretiminde kullanılırdı.

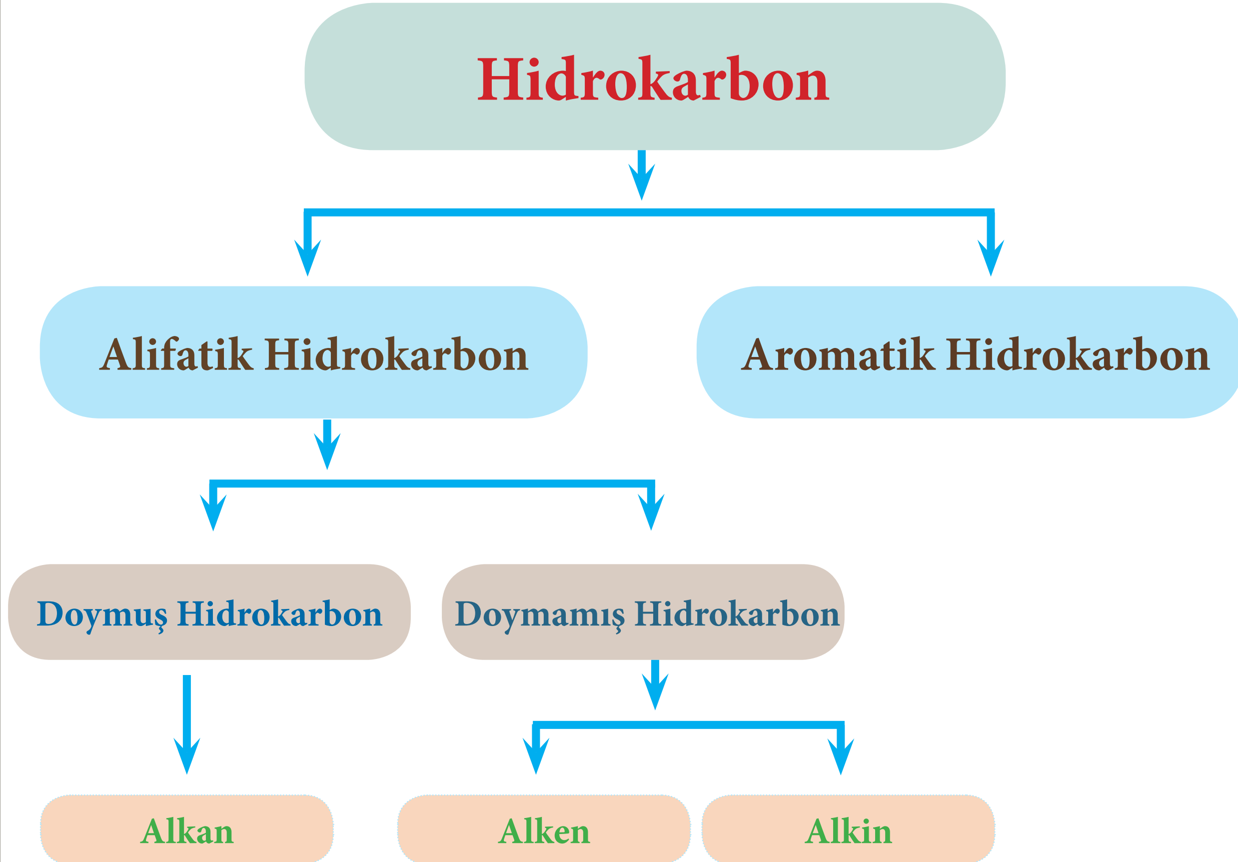
3.1.1. Hidrokarbon ve Türleri

Yapısında sadece karbon ve hidrojen atomu bulunan bileşiklere **hidrokarbon** denir. Hidrokarbonlar iki gruba ayrılır. Molekül yapısında benzen halkası bulunmayan hidrokarbonlar **alifatik**, molekül yapısında benzen halkası bulunan hidrokarbonlar **aromatik** olarak adlandırılır.

Alifatik hidrokarbonlar düz zincirli, dallanmış ya da halkalı yapıda olabilir. Alifatik hidrokarbonlarda karbon atomları arasındaki bağların tamamı tekli bağ ise bunlara **doymuş hidrokarbon** denir. Alkanlar bu sınıfa girer. Karbon atomları arasında bir veya birden fazla çoklu bağ varsa bunlara **doymamış hidrokarbon** adı verilir. İkili bağ bulunduran doymamış hidrokarbonlara **alken**, üçlü bağ bulunduran doymamış hidrokarbonlara **alkin** denir. Halkalı yapıda bulunan alkanlara **sikloalkan**, alkenlere **sikloalken**, alkinlere **sikloalkin** adı verilir.

Biliyor musunuz?

Alifatik bileşikler önceleri katı ve sıvı yağlardan elde edilmiştir. Alifatik,Yunanca katı yağ anlamına gelen "aleiphar" kelimesinden gelmektedir.



3.1.2. Alkanlar

Alkanlar, karbon ve hidrojen atomlarından oluşmuş moleküllerdir. Alkanlarda karbon atomlarının hepsi sp^3 hibritleşmesi yapar. Bu nedenle alkanlar doymuş hidrokarbondur. Düz ve dallanmış alkanlar $\mathbf{C_nH_{2n+2}}$ genel formülüyle, sikloalkanlar ise $\mathbf{C_nH_{2n}}$ genel formülüyle gösterilir. Alkanların en küçük üyesi metandır (CH_4). Her üyesi, bir önceki moleküle bir $-CH_2-$ grubunun eklenmesi ile oluşur. Bu şekilde alkanlar, $-CH_2-$ farkı ile sıralanır. Bu sıralamaya **homolog sıra** denir.

Alkanlardan bir hidrojen atomu çıkarılması ile elde edilen gruba **alkil grubu** denir ve bu grup **R-** ile gösterilir. Aşağıda ilk on alkan ve alkil grubunun adları ve formülleri verilmiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1: İlk on alkan ve alkil grubunun adları ve formülleri

Alkan Adı	Kapalı Formülü	Açık Formülü	Alkil Grubu	Alkil Adı
Metan	CH_4	CH_4	CH_3-	Metil
Etan	C_2H_6	CH_3CH_3	C_2H_5-	Etil
Propan	C_3H_8	$CH_3CH_2CH_3$	C_3H_7-	Propil
Bütan	C_4H_{10}	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	C_4H_9-	Bütil
Pentan	C_5H_{12}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$	$C_5H_{11}-$	Pentil
Hekzan	C_6H_{14}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	$C_6H_{13}-$	Hekzil
Heptan	C_7H_{16}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	$C_7H_{15}-$	Heptil
Oktan	C_8H_{18}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	$C_8H_{17}-$	Oktil
Nonan	C_9H_{20}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	$C_9H_{19}-$	Nonil
Dekan	$C_{10}H_{22}$	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	$C_{10}H_{21}-$	Dekil

Alkil grupları, hidrojenin ayrıldığı karbon atomunun yerine göre farklı isimler alır.

Propandan oluşan alkil grupları **n-propil** ve **izopropil** olarak adlandırılır.



n-propil

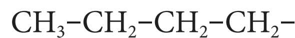


izopropil

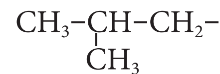
Dikkat!

Karbon zincirinde tek metil grubu varsa ve bu grup ikinci karbona bağlı ise alkil adına izo ön eki getirilir.

Bütandan oluşan alkil grupları **n-bütil**, **izobütil**, **sekonder bütil**, **tersiyer bütil** olarak adlandırılır.

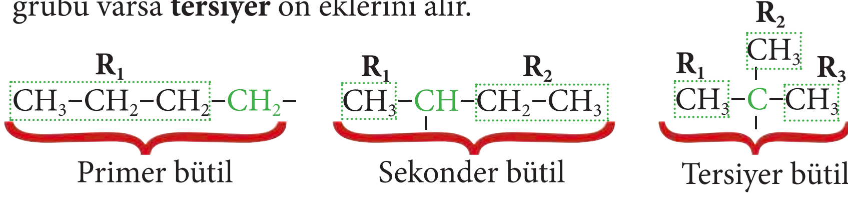


n-bütil



izobütil

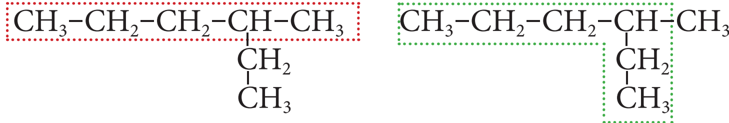
Alkil grubu, hidrojen atomunun ayrıldığı karbonda 1 alkil, 2 hidrojen varsa **primer**; 2 alkil, 1 hidrojen varsa **sekonder**; 3 alkil grubu varsa **tersiyer** ön eklerini alır.



Alkanların Adlandırılması

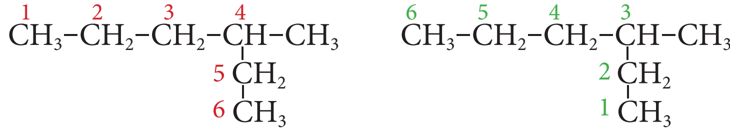
Önceleri organik bileşiklerin her birine özel adlar verilmiştir ancak sayıları arttıkça bu bileşikler karıştırılmaya başlanmıştır. Bu sorunu ortadan kaldırmak için Uluslararası Teorik ve Uygulamalı Kimyacılar Birliği (IUPAC-International Union of Pure and Applied Chemistry) tarafından sistematik bir adlandırma yöntemi geliştirilmiştir. IUPAC sistemine göre alkanlar adlandırılırken şu kurallara uyulur:

1. Hidrokarbon molekülündeki en uzun karbon zinciri seçilir.



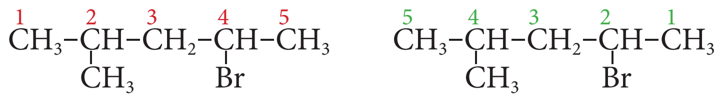
Yanlış karbon zinciri — Doğru karbon zinciri

2. Ana zincirdeki grupların (dallar) bağlı olduğu karbon atomları en küçük numarayı alacak şekilde numaralandırma işlemi yapılır.



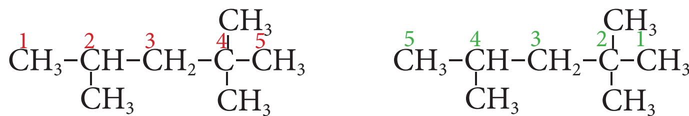
Yanlış numaralandırma — Doğru numaralandırma

3. Ana zincirin iki tarafındaki gruplar eşit uzaklıkta ise alfabetik sıralamada önce gelen gruba küçük numara verilir.



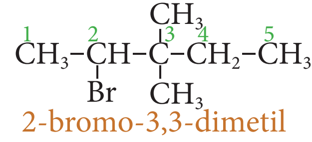
Yanlış numaralandırma — Doğru numaralandırma

4. Ana zincirin iki tarafındaki gruplar eşit uzaklıkta ise dallanmanın yoğun olduğu karbon atomuna küçük numara verilir.



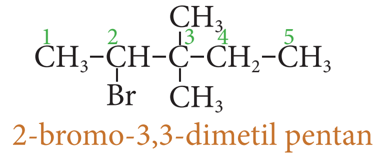
Yanlış numaralandırma — Doğru numaralandırma

5. Grubun (dalın) bağlı oluğu karbon atomunun numarası yazılır ve numaradan sonra kısa çizgi (-) konulur. Grubun adı kısa çizgiden sonra yazılır. Karbon zincirine aynı gruptan birden fazla bağlanmışsa bu gruptan kaç tane olduğu Latince sayılarla (di, tri, tetra vb.) belirtilir. Bağlı olan bu gruplar alfabetik sıraya göre yazılır. Ön ekler alfabetik sıralamaya dâhil edilmez.



2-bromo-3,3-dimetil

6. En uzun karbon zincirine karşılık gelen alkan adı yazılarak adlandırma tamamlanır.

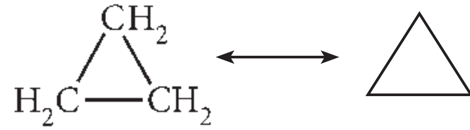


2-bromo-3,3-dimetil pentan

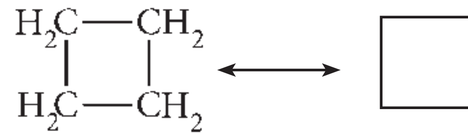
Sikloalkanlar (Halkalı Alkanlar)

Halkalı yapıdaki alkanlara **sikloalkan** denir. Bu alkanların genel formülü $\mathbf{C_nH_{2n}}$ şeklindedir. Alkenlerle aynı kapalı formüle sahip olan sikloalkanların en küçük üyesi üç karbonlu siklopropandır.

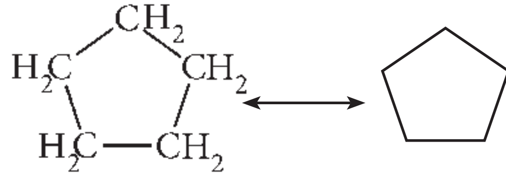
Siklopropan



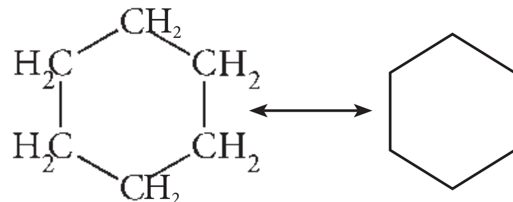
Siklobütan



Siklopentan



Siklohekzan

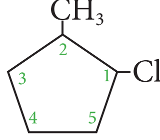


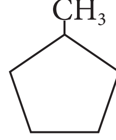
Dikkat!

Halkalı yapıdaki alkanlar kaç karbon atomuna sahipse genellikle o sayıda kenarı olan geometrik şekille gösterilir.

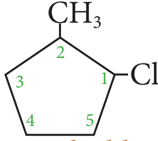
Sikloalkanların Adlandırılması

1. Halkaya bağlı olan gruplar alfabetik sıralamaya göre en küçük numarayı alacak şekilde karbon atomlarına numara verilir. Halkada tek grup varsa numaralandırmaya gerek yoktur.

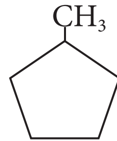




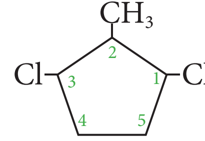
2. Dalın bağlı olduğu karbon atomunun numarası ve aynı gruptan birden fazla varsa grup sayısı Latince olarak belirtilir ve alkan adının önüne **siklo** ön eki getirilir.



1-kloro-2-metil siklopentan



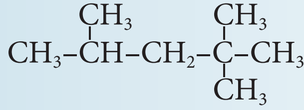
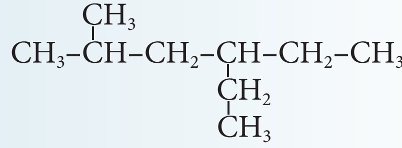
metil siklopentan



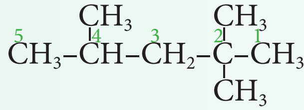
1,3-dikloro-2-metil siklopentan

Örnek

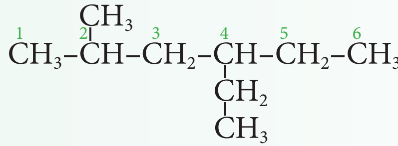
Aşağıdaki alkanları IUPAC sistemine göre adlandırınız.

Çözüm



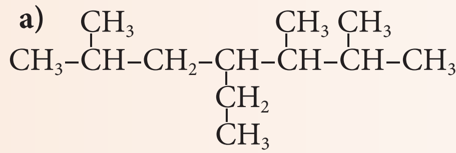
2,2,4-trimetil pentan



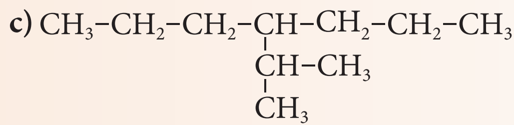
4-etil-2-metil hekzan

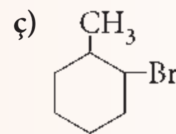
Alıştırma

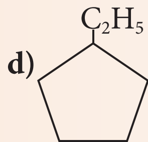
Aşağıdaki alkanları IUPAC sistemine göre adlandırınız.

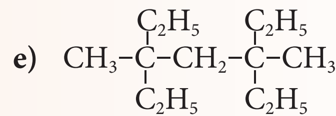
a) 

b) 

c) 

ç) 

d) 

e) 

3.1.3. Alkanların Özellikleri



Görsel 3.2: Mumun ham maddesi parafindir.

Alkanların yapıları, fiziksel özelliklerini belirler. Bir alkan molekülünde atomlar, birbirine kovalent bağlarla simetrik olarak bağlanmıştır. Bu nedenle alkan molekülleri apolardır.

Molekülleri arasında görülen London etkileşimleri çok zayıf olduğu için alkanların erime ve kaynama noktaları düşüktür. Molekül büyüdükçe yüzey de büyüyeceği için moleküller arası kuvvetlerle birlikte erime ve kaynama noktası da artar. Oda şartlarında ve 1 atm basınç altında karbon sayısı 1 ile 4 arasında olan alkanlar gaz hâlindedir. Karbon sayısı 5 ile 17 arasındaki alkanlar sıvı, 17'den fazla olan alkanlar ise katı hâldedir.

Aynı karbon sayılı alkanlarda dallanma arttıkça molekül, küresel bir yapı kazanır. Bu durum, molekül yüzeyinin küçülmesine ve London etkileşimlerinin azalmasına neden olur. Bu nedenle aynı karbon sayısına sahip dallanmış yapıdaki alkanların kaynama noktası, düz zincir yapıdaki alkanlara göre daha düşüktür.

Renksiz, kokusuz ve tatsız özellikte olan alkanlar; benzen, eter, kloroform gibi apolar çözücülerde çözünürken su gibi polar çözücülerde çözünmez.

Alkanlardaki tüm bağlar sigma bağı olduğu için alkanların kimyasal etkinlikleri çok azdır. Bundan dolayı bu bileşiklere önceleri "etkinliği düşük" anlamında **parafin** adı verilmiştir (Görsel 3.2). Asit ve bazlarla tepkimeye girmeyen alkanlar genellikle yanma ve yer değiştirme tepkimesi verir.

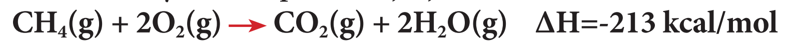
I. Alkanların Yanma Tepkimeleri

Alkanlar, oksijen ile yükseltgenerek karbon dioksit ve su bileşiklerine dönüşür. Alkanların yanmasının genel gösterimi şu şekildedir:



$$C_nH_{2n+2} + \frac{(3n+1)}{2}O_2 \rightarrow nCO_2 + (n+1)H_2O + ısı$$

Alkanların yanması sonucu ısı açığa çıkar. Alkanlar, günümüz toplumunun temel enerji kaynağıdır. Örneğin doğal gaz büyük oranda metan (CH_4), az miktarda etan, propan ve bütan içerir. Metanın yanma tepkimesi şu şekildedir:



$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) \quad \Delta H=-213 \text{ kcal/mol}$$

II. Alkanların Yer Değiştirme (Sübstitüsyon) Tepkimeleri

Bir veya daha fazla hidrojen atomunun hidrokarbonlardan kademeli olarak çıkıp yerine başka grupların girmesine **yer değiştirme (sübstitüsyon) tepkimesi** denir. Alkan moleküllerindeki hidrojen atomları halojenlerle yer değiştirme tepkimesi verir. F_2 molekülü ile yer değiştirme tepkimesi kendiliğinden gerçekleşirken Cl_2 ve Br_2 molekülü için ısıya ve güneş ışığının katalizörlüğüne ihtiyaç vardır.


$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{\text{ışık+ısı}} CH_3Cl + HCl$

Monokloro metan


$CH_3Cl + Cl_2 \xrightarrow{\text{ışık+ısı}} CH_2Cl_2 + HCl$

Dikloro metan


$CH_2Cl_2 + Cl_2 \xrightarrow{\text{ışık+ısı}} CHCl_3 + HCl$

Trikloro metan (Kloroform)


$CHCl_3 + Cl_2 \xrightarrow{\text{ışık+ısı}} CCl_4 + HCl$

Tetrakloro metan (Karbon tetraklorür)

Alkanların Doğal Kaynakları ve Kullanım Alanları

Petrol, kömür ve doğal gaz alkanların doğal kaynaklarındandır. Ham petrol, 1'den 60'a kadar karbon atomu içeren hidrokarbonların oluşturduğu yağsı görünümlü bir maddedir. Doğada en bol bulunan alkan, alkanların en basit üyesi olan metandır. Atmosferde, yeryüzünde ve okyanuslarda büyük miktarlarda metan mevcuttur. Metan gazı taş kömürü yataklarında ve bataklıklarda da bolca bulunur ve bataklık gazı olarak da bilinir. Evlerde ısınma ve pişirme amacıyla kullanılan doğal gazın yaklaşık %85'i metan, geri kalanı diğer hidrokarbon ve gazlardır. Yüksek basınç altında sıvı hâlde bulunan ve sıvılaştırılmış petrol gazı olarak adlandırılan LPG propanca zengin bir hidrokarbon karışımıdır.

Alkanlardan yakıt olarak doğal gaz ve LPG dışında benzin, motorin ve fuel oil elde edilir. Ayrıca yol yapımında kullanılan asfalt ve bir yalıtım malzemesi olan katran da bir alkan karışımıdır. Bununla beraber altı karbonlu hekzan bileşiği çözücü özelliğe sahiptir ve sanayide bitkisel yağ üretimindeki ekstraksiyon işleminde kullanılır (Görsel 3.3).



Görsel 3.3: Bitkisel sıvı yağ üretimi

3.1.4. Yapısal İzomerlik ve Çeşitleri

Biliyor musunuz?

İzomer, "eşit parçalar" anlamında Yunanca bir terimdir.

Organik bileşiklerdeki karbon atomlarının bağlanma düzenlerinde farklı olasılıklar vardır. Bu sayede aynı molekül formülüne sahip ancak yapı formülü farklı birden fazla bileşik bulunabilir. Bu nedenle yapı formülleri farklı, kapalı formülleri aynı olan bileşiklere **yapı izomeri** denir.

Atomların karbon zincirine bağlanma durumlarına göre alkanlarda zincir-dallanma izomeri görülür. Metan, etan ve propanda karbon zinciri farklı şekillerde yazılamadığı için bu moleküllerin yapı izomerleri yoktur.

Bütanda karbon zinciri iki farklı şekilde yazılabilir:

Düz zincir yapı: $CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$

n-bütan

Dallanmış yapı: $CH_3–CH(CH_3)–CH_3$

2-metil propan (izobütan)

Pentanda karbon zinciri üç farklı şekilde yazılabilir:

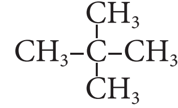
Düz zincir yapı: $CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–CH_3$

n-pentan

Dallanmış yapılar:

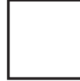


2-metil bütan (izopentan)



2,2-dimetil propan (neopentan)

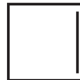
Karbon sayısı arttıkça izomer sayısı da artar. Aynı karbon sayılı alkenlerle sikloalkanlar ve aynı karbon sayılı alkinlerle sikloalkenler yapı izomeridir.



Sikloalkan(C_4H_8)



Alken (C_4H_8)



Sikloalken (C_4H_6)

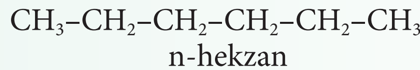


Alkin (C_4H_6)

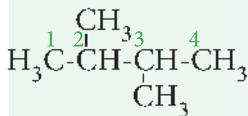
Örnek

Hekzanın izomerlerinin yapı formüllerini ve IUPAC adlarını yazınız.

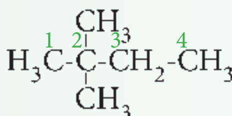
Çözüm



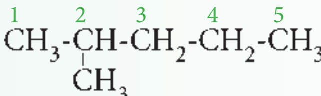
n-hekzan



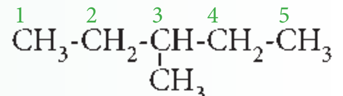
2,3-dimetil bütan



2,2-dimetil bütan



2-metil pentan



3-metil pentan

Alıştırma

C_7H_{16} kapalı formülüne sahip bileşiklerden beş tanesinin yapı formülünü yazarak bileşikleri IUPAC sistemine göre adlandırınız.



BENZİNDE OKTAN SAYISI NEDİR?



Ham petrolün 30-150 °C'de kaynayan kısmı katkısız benzin olarak adlandırılır. Katkısız benzin beş karbonludan on karbonluya kadar olan alkanları içerir. Benzin, buji ile ateşlenen motorların temel yakıtıdır. Ancak katkısız benzin, araç motorlarında vuruntuya neden olduğu için uygun bir yakıt değildir. Vuruntu, motor pistonlarının inip çıkarken piston çeperlerine çarpmasıyla meydana gelen ve motorun gücünü azaltan bir olaydır. Yeniden biçimlendirme olarak bilinen bir arıtma süreciyle benzinin kalitesini ayarlamak mümkündür.

Benzinin, kendiliğinden tutuşma sıcaklığı ve oktan sayısı gibi önemli özellikleri vardır. Motor yakıtlarının en önemli özelliklerinden biri olan kendiliğinden tutuşma sıcaklığı, yakıtın kendi kendine tutuştuğu noktadır. Halk arasında adı sıklıkla duyulan oktan sayısı ise benzinin kendiliğinden tutuşma dayanıklılığının bir göstergesidir. Örneğin bir benzinin içinde %95 izooktan, %5 de normal heptan varsa bu benzinin oktan sayısı 95 olur, izooktan miktarı aynı zamanda oktan sayısını verir.

Yüksek oktanlı benzin, düşük oktanlı benzinden daha yavaş yanar. Bu yavaş yanma sayesinde yüksek devirdeki araçların motorunda vuruntu oluşması engellenir. Dolayısıyla yüksek oktanlı benzin, motorda daha az vuruntuya neden olur. Bu sayede araç daha sessiz çalışır. Titreşimsiz çalışan bir motorun performansı artar ve bu sayede motor parçalarının ömrü uzar. Yüksek oktan, hava-yakıt karışımının yanma verimini artırdığı için araçta güç artışını sağlar. Ayrıca yüksek oktanlı benzin, egzozdan çıkan NO_X gibi gazları azaltarak insan ve çevre sağlığına katkı sağlar.



3.1.5. Alkenler

Alkenler, moleküldeki karbon atomları arasında en az bir tane ikili bağ (C=C) içeren doymamış hidrokarbonlardır. Yapılarında en az bir tane pi (π) bağı bulunur. Genel formülleri $\mathbf{C_nH_{2n}}$ şeklindedir. Alkenler yağa benzeyen görünüşlerinden dolayı **olefinler** olarak da adlandırılır. Alkenler, alkanlarda olduğu gibi homolog sıra oluşturur. Bu serinin ilk üyesi etendir.

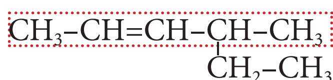
Alkenlerin Adlandırılması

Alkenlerin adlandırılması, aynı sayıda karbon atomu içeren alkan adının sonunda -**an** eki yerine -**en** ya da "-ilen" eki getirilerek yapılır.

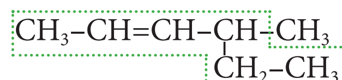
Alkan		Alken	
C_2H_6	et**an**	C_2H_4	et**en** **(etilen)**
C_3H_8	prop**an**	C_3H_6	prop**en** **(propilen)**
C_4H_{10}	büt**an**	C_4H_8	büt**en** **(bütilen)**

IUPAC sistemine göre alkenlerin adlandırılması yapılırken şu kurallara uyulur:

1. İkili bağın bulunduğu en uzun karbon zinciri seçilir.

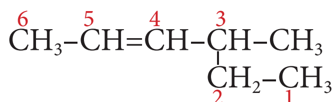


Yanlış karbon zinciri seçimi

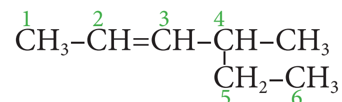


Doğru karbon zinciri seçimi

2. İkili bağın bulunduğu karbon veya karbonlar en küçük numarayı alacak şekilde numaralandırma yapılır.

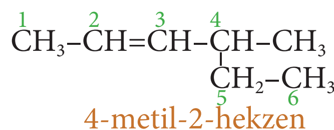


Yanlış numaralandırma



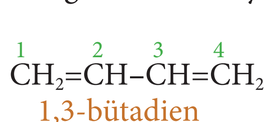
Doğru numaralandırma

3. Zincire bağlı dal varsa önce dalın bağlı olduğu karbonun numarası ve grubun adı yazılır. Daha sonra ikili bağın yeri ve alkenin adı yazılarak adlandırma işlemi tamamlanır.

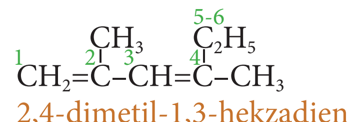


4-metil-2-hekzen

4. İkili bağın birden fazla olduğu durumlarda, yine ikili bağa en yakın uçtan başlanarak numaralandırma yapılır. İkili bağların yeri ayrı ayrı yazılarak -**en** ekinden önce **di**, **tri**, **tetra** gibi Latince sayılar getirilir.

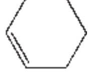


1,3-bütadien

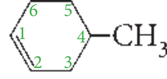


2,4-dimetil-1,3-hekzadien

5. Sikloalkenler adlandırılırken ikili bağ en küçük sayıyı alacak şekilde numaralandırma yapılır. Halkada bir ikili bağ varsa ikili bağın bulunduğu karbon belirtilmez. Eğer bileşikte dallanmış grup varsa ikili bağdan sonraki en küçük numara dallanmış grubun olacak şekilde numaralandırma yapılır.



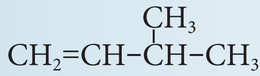
Siklohekzen

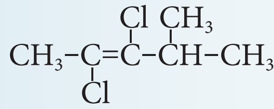


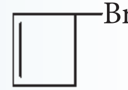
4-metil-siklohekzen

Örnek

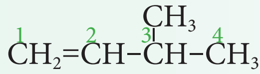
Aşağıdaki alkenleri IUPAC sistemine göre adlandırınız.

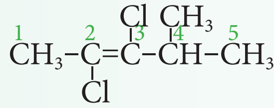


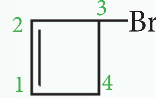




Çözüm



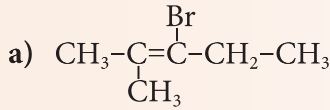


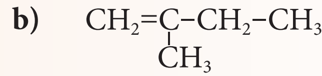


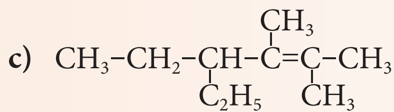
3-metil-1-büten — 2,3-dikloro-4-metil-2-penten — 3-bromo-siklobüten

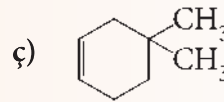
Alıştırma

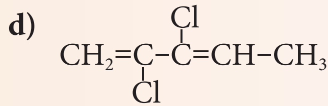
Aşağıdaki alkenleri IUPAC sistemine göre adlandırınız.

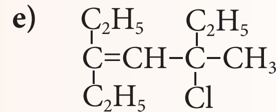
a) 

b) 

c) 

ç) 

d) 

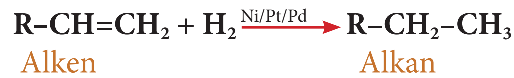
e) 

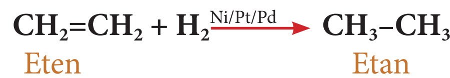
3.1.6. Alkenlerin Özellikleri

Alkenler de alkanlar gibi apolardır. Alken molekülleri arasında London etkileşimleri gözlenir. Karbon sayısı 2 ile 4 arasında olan alkenler gaz hâlindedir. Karbon sayısı 5 ile 17 arasındaki alkenler sıvı, 17'den fazla olan alkenler ise katı hâldedir. Alkenler, su gibi polar çözücülerde çözünmez.

Alkenlerde karbon-karbon ikili bağı, karbon-karbon tekli bağından daha reaktiftir. Bu yüzden alkenler, kimyasal tepkimelere karşı isteklidir. Alkenler, yapılarındaki zayıf pi (π) bağlarından dolayı katılma tepkimesi verir.

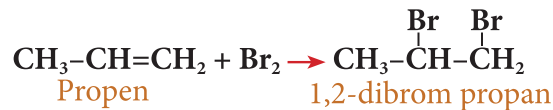
Alkenlere nikel, platin, palladyum elementleri katalizörlüğünde H_2 katılırsa pi (π) bağı açılır ve molekül doymuş hâle gelerek alkan oluşur.



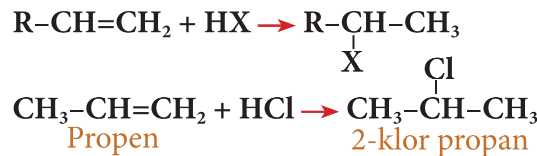


Komşu dihalojenür alkanların eldesinde alkenlere halojen katılmasının önemli bir yeri vardır. Bromun katılması karbon-karbon ikili bağının olup olmadığını anlamada önemlidir. Bromun karbon tetraklorürdeki çözeltisi kırmızıdır. Alkenler, bu kırmızı renkteki brom çözeltisini renksiz hâle getirir.





Halojen asitleri, alkenlere kolaylıkla katılır ve alkil halojenürler meydana gelir. Alkenlere halojen asitleri gibi polar moleküllerin katılmasında **Markovnikov Kuralı**'na uyulur. Bu kurala göre halojen asidi alkenlere katılırken hidrojeni çok olan karbona asidin hidrojeni, diğerine ise asidin halojeni bağlanır.



Alkenler, H_2SO_4 katalizörlüğünde su molekülleri ile katılma tepkimesi vererek alkollere dönüşür. Alkenlere su katılması -halojen asidi katılmasında olduğu gibi- Markovnikov Kuralı'na göre gerçekleşir. İkili bağa sahip karbonlardan hidrojeni çok olana hidrojen, diğerine ise OH grubu bağlanır.



Alkenler de alkanlar gibi yanıcıdır, yandığında karbon dioksit ve su oluşturur. Alkenlerin genel yanma denklemi şu şekildedir:

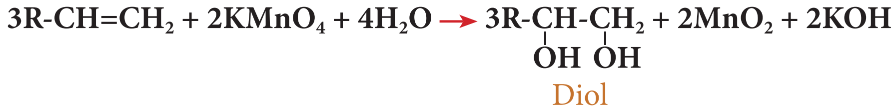


$$C_nH_{2n} + 3n/2O_2 \rightarrow nCO_2 + nH_2O$$



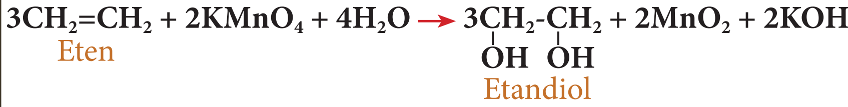
$$C_2H_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$$

Alkenler, yükseltgenme tepkimesi vererek kuvvetli yükseltgen olan potasyum permanganat ($KMnO_4$) ile seyreltik bazik ortamda ve soğukta diolleri oluşturur. Bir maddenin alken olup olmadığı bu tepkimeden yararlanılarak bulunabilir. Eğer madde bir alken ise menekşe renkli potasyum permanganat çözeltisini renksiz hâle getirir. Bu tepkime Baeyer (Bayer) deneyi olarak bilinir ve tepkimenin genel denklemi şu şekildedir:



$$3R\text{-}CH{=}CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3R\text{-}\underset{OH}{CH}\text{-}\underset{OH}{CH_2} + 2MnO_2 + 2KOH$$

Diol



$$3CH_2{=}CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3\underset{OH}{CH_2}\text{-}\underset{OH}{CH_2} + 2MnO_2 + 2KOH$$

Eten

Etandiol

Alkenlerin en önemli tepkimelerinden biri polimerleşmedir. Polimerleşme tepkimesinde alken molekülleri birbirlerine uzun zincirler oluşturacak şekilde bağlanır. Örneğin bir etilen molekülündeki ikili bağ, uygun koşullarda ve katalizör eşliğinde açılarak bir diğer etilen molekülüyle bağ yapabilir. Ona başka bir etilen molekülü bağlanır, aynı işlem tekrarlanarak devam eder ve sonunda uzun bir hidrokarbon zinciri oluşur. En basit polimer, etilen bileşiğinin polimerleşmesi sonucu oluşan polietilendir.



$$nCH_2{=}CH_2 \rightarrow \text{-}[CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2]\text{-}_n$$

Etilen — Polietilen (PE)

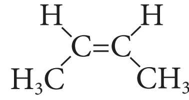
Aşağıda bazı polimerlerin elde edildiği monomerler verilmiştir (Tablo 3.2).

Tablo 3.2: Bazı polimerlerin elde edildiği monomerler

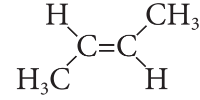
Monomerin Adı	Monomerin Formülü	Polimerin Formülü	Yaygın Adı
Vinil klorür	$CHCl{=}CH_2$	$\text{-}[CHCl\text{-}CH_2]\text{-}_n$	Polivinil klorür
Tetrafloro etilen	$CF_2{=}CF_2$	$\text{-}[CF_2\text{-}CF_2]\text{-}_n$	Teflon
Stiren	$CH(C_6H_5){=}CH_2$	$\text{-}[CH(C_6H_5)\text{-}CH_2]\text{-}_n$	Polistiren
Akrilonitril	$CH_2{=}CH\text{-}CN$	$\text{-}[CH_2\text{-}CH\text{-}CN]\text{-}_n$	Poliakrilonitril
Bütadien	$CH_2{=}CH\text{-}CH{=}CH_2$	$\text{-}[CH_2\text{-}CH{=}CH\text{-}CH_2]\text{-}_n$	Polibütadien

3.1.7. Alkenlerde Geometrik İzomeri

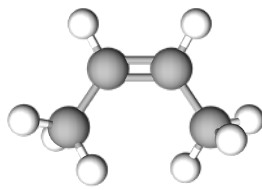
Alkenlerde ikili bağa sahip komşu karbon atomlarındaki aynı gruplar, bağ düzleminin aynı ya da farklı tarafında bulunduğunda iki farklı izomer yazılabilir. Çünkü bu bileşiklerde karbon-karbon arasındaki ikili bağ, bağlı olan grupların dönmesini engeller. Bağlı grupların aynı olanları bağ düzleminin aynı tarafında ise cis (sis), zıt tarafında ise trans olarak adlandırılır. Bu izomeriye **cis-trans** ya da **geometrik izomer** denir.

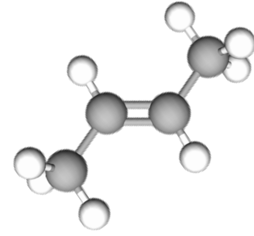


cis-2-büten

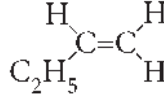


trans-2-büten





Alkenlerde ikili bağın bulunduğu karbon atomlarından birine aynı iki grup bağlı ise geometrik izomer bulunmaz.

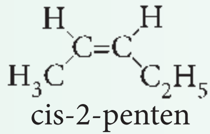


Geometrik izomer, alkenlere farklı fiziksel özellikler kazandırır. Örneğin cis izomere sahip alken trans izomere göre az da olsa polar özelliktedir. Bu nedenle cis izomere sahip olan alkenin kaynama noktası trans izomere göre yüksektir.

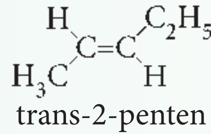
Örnek

2-pentenin geometrik izomerlerini yazınız.

Çözüm



cis-2-penten



trans-2-penten

İkili bağ etrafındaki dönme engellenmiş olduğundan alkil grupları bu iki izomerin birinde ikili bağın aynı tarafında (cis izomer), diğerinde ikili bağın zıt tarafında (trans izomer) yer alır.

Alıştırma

1,2-dikloroetenin geometrik izomerlerini yazınız.

Alkenlerin Yaygın Kullanım Alanları

Alkenler yapılarındaki ikili bağ nedeniyle tepkimeye çok yatkındır. Bu özellikleri sayesinde alkenlerden pek çok madde üretilebilir. Yüksek karbon sayılı doymamış sıvı yağların yapısında ikili bağlar bulunur. Bu bağların olduğu karbonlara hidrojen katılması sonucunda margarinler üretilir. Alkenlerin en basit üyesi olan etilen, olgunlaştırma hormonu olarak bilinir. Muz, şeftali, kivi, armut, elma gibi bazı meyveleri hasat sonrası olgunlaştırmada seyreltik etilen kullanılır. Ayrıca alkenler, su ve halojen asitleri ile katılma tepkimesi verir. Bu yüzden alkol ve alkil halojenür eldesinde ham madde olarak kullanılır.

Perkloro etilen (C_2Cl_4); kumaşı bozmadan, nemlilik bırakmadan ve kendi boyutunda bırakarak temizleme özelliğine sahiptir. 70°C'de buharlaşabilen perkloro etilen ütü ile kolaylıkla kumaştan uzaklaştırılır. Bu nedenle kuru temizlemede sıklıkla perkloro etilen kullanılır.

Alkenlerin en önemli kullanım alanlarından biri polimer endüstrisidir. Endüstride ve günlük yaşamda önemli yer tutan polimerik maddeler pek çok alanda kullanılır. Örneğin polietilen, sert ve yumuşak plastik imalatında; teflon, mutfak malzemelerinin kaplanması ve bazı makine parçalarının üretimi gibi alanlarda kullanılır (Görsel 3.6). Bir diğer polimer türü olan polistiren ise kalıplanmış plastik eşya, yalıtım malzemesi, köpük boru ve otomobil parçalarının üretiminde kullanılır. Etilenin bir diğer polimeri poliakrilonitril, sentetik lif (Görsel 3.7) yapımında ve giyim eşyalarında; sentetik kauçuk ise otomobil lastiği, ayakkabı, kayış, yer döşemesi, elektrik yalıtıcısı gibi malzemelerin üretiminde kullanılır.



Görsel 3.6: Teflon tava



Görsel 3.7: Sentetik lif

3.1.8. Alkinler

Alkinler, molekül yapısındaki karbon atomları arasında en az bir tane üçlü bağ (C≡C) içeren doymamış hidrokarbonlardır. Alkinlerin yapısında en az iki pi (π) bağı bulunur. Genel formülü $\mathbf{C_nH_{2n-2}}$ olan alkinler de alkan ve alkenler gibi homolog sıra oluşturur. Alkinlerin ilk üyesi etinin özel adı **asetilen**dir (C_2H_2). Bu nedenle alkinler asetilenler olarak da bilinir.

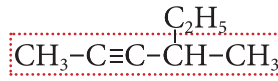
Alkinlerin Adlandırılması

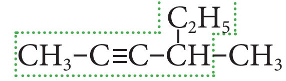
Alkinlerin adlandırılması, aynı sayıda karbon atomu içeren alkanların adının sonundaki **-an** eki yerine **-in** eki getirilerek yapılır. Alkinler, asetilen sınıfı bileşikler olduğu için asetilen türevleri olarak da bilinir.

Alkan		Alkin	
C_2H_6	et**an**	C_2H_2	et**in**
C_3H_8	prop**an**	C_3H_4	prop**in**
C_4H_{10}	büt**an**	C_4H_6	büt**in**

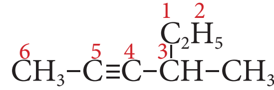
IUPAC sistemine göre alkinlerin adlandırılması yapılırken şu kurallara uyulur:

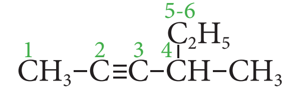
1. Üçlü bağ içeren en uzun karbon zinciri seçilir.


Yanlış zincir seçimi

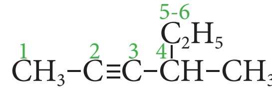

Doğru zincir seçimi

2. Üçlü bağın yakın olduğu uçtan başlanarak karbon zincirine numara verilir.


Yanlış numaralandırma

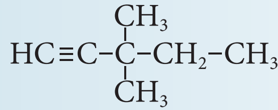

Doğru numaralandırma

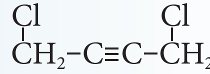
3. Zincire bağlı dal varsa önce dalın bağlı olduğu karbonun numarası ve grubun adı yazılır. Üçlü bağın yeri ve alkinin adı yazılarak adlandırma işlemi tamamlanır.


4-metil-2-hekzin

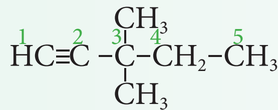
Örnek

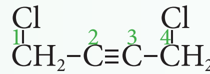
Aşağıdaki alkinleri IUPAC sistemine göre adlandırınız.





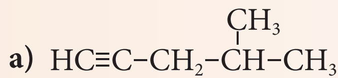
Çözüm

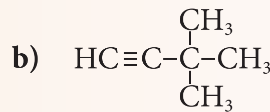

3,3-dimetil-1-pentin

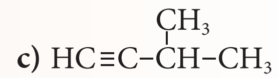

1,4-dikloro-2-bütin

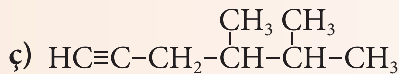
Alıştırma

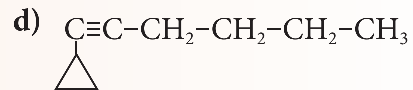
Aşağıdaki alkinleri IUPAC sistemine göre adlandırınız.

a) 

b) 

c) 

ç) 

d) 

3.1.9. Alkinlerin Özellikleri

Asetilen, sanayide çok kullanılan önemli bir ham maddedir. Taş kömüründen elde edilen kok kömürünün, kireç taşından elde edilen kalsiyum oksit ile elektrik fırınında ısıtılması sonucu kalsiyum karbür (CaC_2) oluşur. Kalsiyum karbürün su ile tepkimesinden asetilen elde edilir.



$$3C + CaO \rightarrow CaC_2 + CO$$



$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

Asetilen, yakıldığında çok yüksek bir sıcaklığa (2800 °C) ulaştığı için kaynak yapımında yaygın olarak kullanılır (Görsel 3.8).



$$C_2H_2 + 5/2O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O \quad \Delta H=-317\ kcal/mol$$



Görsel 3.8 Asetilen gazıyla kaynak işlemi

Asetilen, oda sıcaklığında renksiz bir gazdır. Asetilen, içinde gözenekli inert madde bulunan çelik tüplere 300 atmosfer basınçla ve asetonda çözdürülerek doldurulur. Asetilen tüpü devrildiğinde tüp içindeki gözenekli madde çatlayabilir. Bu da asetilen gazının ayrışmasına ve tüp içindeki basıncın artmasına neden olabilir. Bunun sonucunda patlama meydana gelebilir.

Alkinlerin tamamı H_2 ile katılma tepkimesi verir. Örneğin asetilen, doymamış hidrokarbon olduğu için alkenler gibi katılma tepkimesi verir. Asetilenin yapısında iki pi (π) olduğu için 2 mol H_2 ile katılma gerçekleşir.



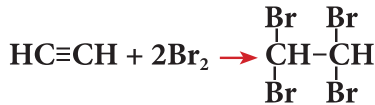
$$HC{\equiv}CH + 2H_2 \xrightarrow{Ni/Pt} C_2H_6$$

Katılma esnasında Lindlar katalizörü (Pd) kullanılırsa kısmi hidrojenlenme olur ve alken oluşur.



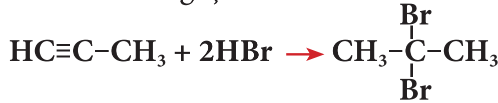
$$HC{\equiv}CH + H_2 \xrightarrow{Lindlar} CH_2{=}CH_2$$

Alkinlerin tamamı alkenlerde olduğu gibi kırmızı renkteki brom çözeltisini renksiz hâle getirir.



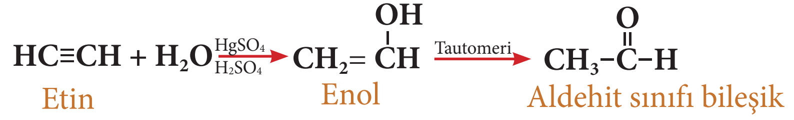
$$HC{\equiv}CH + 2Br_2 \rightarrow CHBr_2{-}CHBr_2$$

Asetilene ve diğer alkinlere polar moleküllerin katılmasında Markovnikov Kuralı geçerlidir.

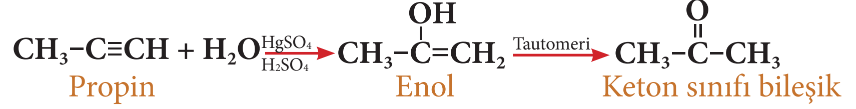


$$HC{\equiv}C{-}CH_3 + 2HBr \rightarrow CH_3{-}CBr_2{-}CH_3$$

Asetilene su katılması, civa sülfat katalizörlüğünde ve asidik ortamda gerçekleşir. Tepkime sırasında önce enol oluşur. Enollerde aynı karbon atomu, hem ikili bağ hem de -OH grubu içerdiği için kararsızdır. İkili bağ elektronu ve hidrojen atomunun yer değiştirmesi ile tautomeri olayı gerçekleşir. Enol bileşikleri kendiliğinden karbonil sınıfı bileşiklere dönüşür.



Karbon sayısı ikiden fazla olan alkinlerde kararsız enol bileşiği ketona dönüşür ve enol-keton tautomerisi oluşur.



Alkinlerle alkenlerin kimyasal özellikleri arasındaki en önemli fark, alkinlerin asidik karakterli hidrojen içermesidir. Asidik karakterli hidrojen atomu içeren alkinler, asetilen ve uç alkinlerdir (R–C≡C–H). Uç alkinlerdeki asidik karakterli hidrojen atomları gümüş ve bakır metalleriyle yer değiştirir ve tuz oluşur.

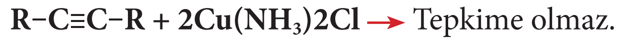
Asetilen, bakır(I) klorürün amonyaklı çözeltisinden geçirilirse kırmızı renkli bakır tuzu çöker.



Asetilen aynı şekilde gümüş nitratın amonyaklı çözeltisinden geçirilirse beyaz renkli gümüş tuzu çöker.



İç alkinler (R–C≡C–R), asidik karakterde hidrojen atomu içermediği için alkinlerin bu tepkimelerini vermez.





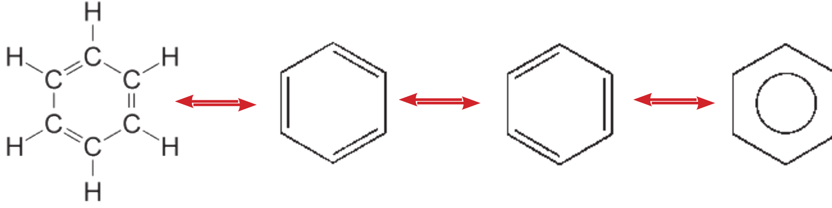
Asetilenin ağır metal tuzları kuru hâlde iken ufak bir sarsıntıda bile şiddetle patlar.

“Hiç kimse başarı merdivenlerini elleri cebinde tırmanmamıştır.”
Konfüçyüs

3.1.10. Aromatik Hidrokarbonlar

Aromatik hidrokarbonlar benzenden türeyen halkalı bileşiklerdir. Bazı **benzen** bileşiklerinin kendilerine has kokuları vardır.Bu nedenle organik kimyanın gelişmeye başladığı yıllarda bu bileşikler için aromatik kelimesi kullanılmıştır. 1825 yılında Michael Faraday gaz borularındaki tortuları incelerken bir bileşik keşfetmiş ve bu bileşiğin basit formülünün CH olduğunu ortaya koymuştur. 1834 yılında ise Mitsherlic (Mitşerlik) benzenin formülünün $\mathbf{C_6H_6}$ olduğunu belirlemiş ancak benzenin yapısı uzun süre anlaşılamamıştır. Benzenin yapısı için ilk uygun öneriyi yapan Kekule, altı karbon atomunun altılı bir halka oluşturduğunu ve bu karbonların her birine bir hidrojenin bağlı olduğunu belirtmiştir.

Benzen molekülündeki her bir karbona bir hidrojen düşer. Karbonlar arasında bir tekli, bir ikili bağ bulunur. İkili bağların, karbonlar arasında sürekli yer değiştirmesinden dolayı benzen molekülü oldukça kararlıdır. Benzen molekülünün gösterimi şu şekildedir:





Görsel 3.9: Yapıştırıcı

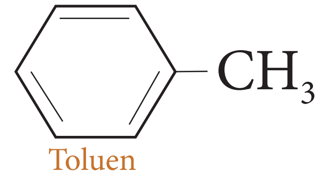
Benzen; endüstride stiren, fenol, anilin, siklohekzan gibi birçok kimyasal maddenin sentezinde kimyasal kaynak, ara ürün ve çözücü olarak kullanılır. Ayrıca benzenden lastik, ayakkabı, kozmetik, deterjan, zamk, boya sanayilerinde, ziraatte ve otomobil yakıtlarında sıkça yararlanılır.

Benzenin Bazı Türevleri

Benzendeki hidrojenlerden bir ya da birkaçının yerine farklı grupların geçmesi sonucunda benzen türevleri oluşur.

Toluen (Metil Benzen)

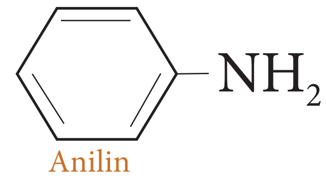
Benzendeki hidrojenlerden birinin metil grubu ile yer değiştirmesiyle toluen bileşiği oluşur. Toluen, boya ve vernik sanayisinde, kimyasal madde (benzoik asit, fenol, TNT vb.) ve yapıştırıcı (Görsel 3.9) üretiminde kullanılır.



Toluen

Anilin (Amino Benzen)

Benzendeki hidrojen atomlarından birinin yerine amino grubu ($-NH_2$) geçerse anilin oluşur. Anilin; boya, poliüretan köpük (Görsel 3.10) yapımında ve fotoğrafçılıkta kullanılan kimyasal maddelerin üretiminde ara madde olarak kullanılabilir.

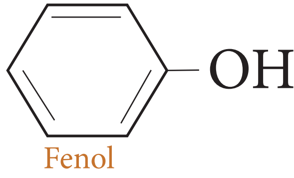


Anilin



Görsel 3.10: Poliüretan köpük

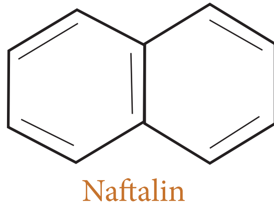
Fenol (Hidroksi Benzen)



Fenol

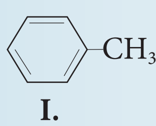
Benzendeki hidrojen atomlarından birinin yerine hidroksil grubu (-OH) geçerse fenol oluşur. Küçük moleküllü fenollerin erime noktaları düşüktür ve bu fenoller suda az çözünür. Büyük moleküllü fenoller, yüksek erime noktasına sahiptir ve suda çözünmez. Fenol, zayıf asit özelliği gösterir. Mikrop öldürücü, dezenfektan ve antioksidan olarak kullanılan fenollerden ilaç endüstrisinde de yararlanılır.

Naftalin

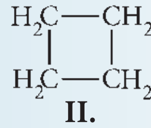

Naftalin

Kömürün havasız ortamda, yüksek sıcaklıkta (yaklaşık 1000 °C) damıtılmasından elde edilen ve iki benzen halkasının kaynaşmasından oluşan naftalin ($C_{10}H_8$) de bir aromatik hidrokarbondur. Naftalin 80 °C sıcaklıkta süblimleşerek eriyen beyaz, kristal bir katıdır. Kendine özgü kokusundan dolayı güve kovucu olarak kullanılan naftalinden kozmetik ve boya üretiminde de yararlanılır.

Örnek



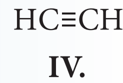
I.



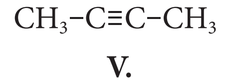
II.



III.



IV.



V.

Yukarıdaki bileşiklerle ilgili soruları cevaplayınız.

a) Hangileri katılma tepkimesi verir?
b) Birbirinin izomeri olan bileşikler hangileridir?
c) Hangisi ya da hangileri aromatik hidrokarbondur?
ç) Bromlu suyun rengini gideren bileşikleri belirtiniz.
d) Hangi bileşik amonyaklı $AgNO_3$ çözeltisi ile çökelek oluşturur?

Çözüm

a) Alken ve alkinler, yapılarındaki çoklu bağdan dolayı katılma tepkimesi verir. III, IV ve V. bileşikler katılma tepkimesi verir. Benzen halkası kararlı bir yapıda olduğu için yapısında çoklu bağ olmasına rağmen katılma tepkimesi vermez.
b) Aynı karbon sayısına sahip sikloalkan ve alkenler birbirinin izomeridir. II ve III. bileşikler birbirinin izomeridir.
c) Benzen halkası içeren hidrokarbonlar aromatik bileşik sınıfındadır. I. bileşik aromatik hidrokarbondur.
ç) Alken ve alkinler yapılarındaki çoklu bağdan dolayı bromlu suyun rengini giderir. Bu nedenle III, IV ve V. bileşikler bromlu suyun rengini giderir. Benzen halkası kararlı bir yapıda olduğu için yapısında çoklu bağ olmasına rağmen bromlu suyun rengini gideremez.
d) IV. bileşik amonyaklı $AgNO_3$ ile çökelek oluşturur. Bu tepkimeyi sadece uç alkinler verir.

3.2. FONKSİYONEL GRUPLAR

Parmak izi, göz ile görülebilen çıkıntıların parmak ucu derisinde meydana getirdiği şekillere verilen addır. Parmak izleri birçok hattın farklı biçimlerde bir araya gelmesiyle oluşur. Bir insanın parmak izi, yaşamın tüm evrelerinde aynı özellikleri taşır. Bu değişmez ve kişiye has özelliklerinden dolayı parmak izleri, kimlik tespiti konusunda sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Organik bileşikler de kendilerine has parmak izlerine sahiptir (Görsel 3.11) ve bu sayede onları sınıflandırmak mümkündür.

Bu konuda organik bileşiklerin, fonksiyonel gruplarına göre sınıflandırılması ele alınacaktır.



Görsel 3.11: Fonksiyonel gruplar organik bileşiklerin parmak izidir.

3.2.1. Fonksiyonel Grup

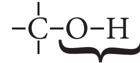
Organik bileşiklerin ait olduğu sınıf, belirli düzendeki atomların oluşturduğu grupların bulunmasıyla belirlenir. Bunlara **fonksiyonel grup** adı verilir. Bu grup, moleküldeki kimyasal tepkimelerin çoğunun gerçekleştiği kısımdır. Bu kısım, organik bileşiklerin bütün kimyasal özelliklerini ve çoğu fiziksel özelliğini belirler.

Organik bileşiklerin çoğu, bu karakteristik atom ya da atom gruplarının bir veya daha fazlasını içerir. Örneğin alkenlerde fonksiyonel grup karbon-karbon ikili bağıdır. Alkenlerdeki kimyasal tepkimelerin çoğu ikili bağa sahip karbon atomları üzerinde meydana gelir. Benzer durum alkinler için de geçerlidir. Bir alkinin fonksiyonel grubu karbon-karbon üçlü bağıdır. Alkanlarda ise fonksiyonel grup bulunmaz.

Aynı fonksiyonel grubu taşıyan organik bileşikler aynı kimyasal davranışı sergiler. Bu sayede sayısı milyonlarla ifade edilen organik bir bileşiği, sahip olduğu fonksiyonel gruplara göre sınıflandırmak mümkündür. Bu sınıflandırmanın genel gösterimi R sembolüne bağlı fonksiyonel gruplarla yapılır. Örneğin bir alkanın genel gösterimi R–H şeklindedir. Belli başlı fonksiyonel gruplar şunlardır:

Hidroksil Grubu

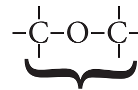
Bir alkildeki sp^3 hibritleşmesi yapmış karbon atomuna bir tane hidroksil grubu (-OH) bağlanmasıyla oluşan organik bileşik sınıfına **alkol** denir. Alkollerin genel gösterimi R-OH şeklindedir.



Bir alkolün fonksiyonel grubu

Alkoksi Grubu

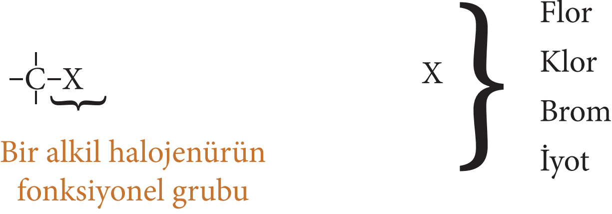
RO- grubu alkoksi olarak adlandırılır. Hidroksil grubundaki hidrojenin yerini bir alkil grubu almıştır. Bu gruba aynı ya da farklı tür bir alkil bağlandığında oluşan bileşik sınıfına **eter** denir. Eterlerin genel gösterimleri R–O–R veya R–O–R' şeklindedir. Oksijene bağlı alkil grupları farklı ise karbon sayısı az olan alkil grubu alkoksi olarak kabul edilir.



Bir eterin fonksiyonel grubu

Halojenür Grubu

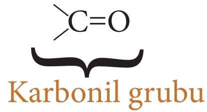
Bir alkil grubuna halojenür atomu (flor, klor, brom veya iyot) bağlanmasıyla oluşan organik bileşik sınıfına **alkil halojenür** veya **haloalkan** denir. Bu grubun genel gösterimi R–X şeklindedir.



Bir alkil halojenürün fonksiyonel grubu

Karbonil Grubu

Bir karbon atomuna oksijenin ikili bağla bağlanmasıyla oluşan yapıya **karbonil grubu** denir. Bu fonksiyonel grubun bağ yapısı şu şekildedir:



Karbonil grubu

Karbonil içeren organik moleküller **aldehit** veya **keton** olarak adlandırılır. Aldehitlerde karbonil grubu en az bir hidrojen atomuna, ketonlarda ise iki karbon atomuna bağlıdır.

Aldehitlerin genel gösterimi şu şekildedir:



R grubu hidrojen atomu da olabilir.

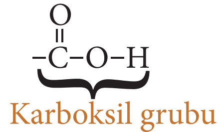
Ketonların genel gösterimi ise şu şekildedir:



Ketonlardaki alkil grupları aynı olabileceği gibi farklı da olabilir.

Karboksil Grubu

Karbon atomuna, bir hidroksil grubu ve ikili bağla bir oksijen atomu bağlandığında oluşan yapıya **karboksil** grubu denir ve fonksiyonel grubun bağ yapısı şu şekildedir:



Karboksil grubu

R–COOH genel formülüne sahip olan bileşikler **karboksilik** asit olarak adlandırılır. Karboksil grubuna bir hidrojen atomu veya bir alkil grubu bağlanabilir. Karboksilik asitlerin genel gösterimi şu şekildedir:



R grubu hidrojen atomu da olabilir.



EBA ortamındaki fonksiyonel grup konulu ders içeriği için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

Karboksil grubundaki hidrojen çıkıp yerine alkil grubu geçerse esterler oluşur. Esterlerin genel gösterimi şu şekildedir:



Esterlerdeki alkil grupları aynı olabileceği gibi farklı da olabilir.

Amino Grubu

NH_3 molekülünden bir hidrojenin ayrılmasıyla amino ($-NH_2$) grubu oluşur. Amino grubu alkile bağlanırsa aminler meydana gelir. Aminoasitlerin, peptitlerin, proteinlerin, alkaloidlerin, DNA ve RNA gibi bileşiklerin yapısında **amino** ($-NH_2$) grubu bulunur. Bu nedenle aminler, birçok önemli biyokimyasal olayda aktif rol alır. Aminler, amonyağın organik türevidir ve amonyak gibi zayıf bazdır. Aminlerin genel gösterimi şu şekildedir:



Bir aminin fonksiyonel grubu

Nitro Grubu

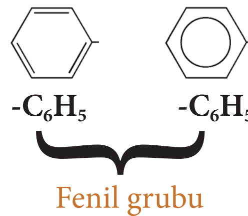
Bir alkile $-NO_2$ (nitro) grubu bağlanmasıyla oluşan moleküller **nitroalkan** veya **nitroparafin** olarak adlandırılır. Nitro grubunun elektronegatifliği yüksek olduğu için bu bileşikler zayıf asit özelliği gösterir. Nitroalkanların genel gösterimi şu şekildedir:



Bir nitroalkanın fonksiyonel grubu

Fenil Grubu

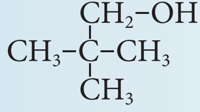
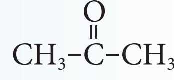
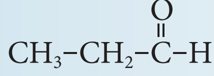
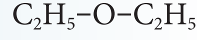
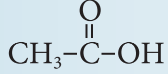
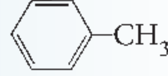
Benzen halkasından bir hidrojen atomu ayrıldığında oluşan yapıya **fenil** denir ve bu yapının gösterimi değişik şekillerde yapılabilir:



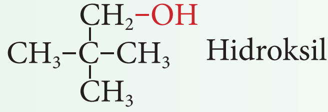
Fenil grubu

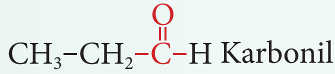
Örnek

Aşağıda açık formülleri verilen organik moleküllerdeki fonksiyonel grupların adlarını yazınız.

Çözüm

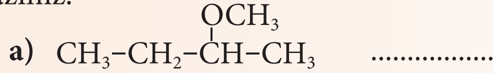
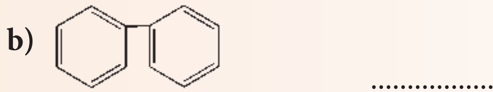
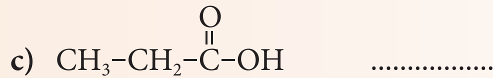
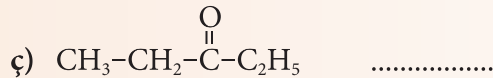
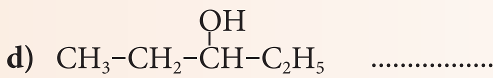
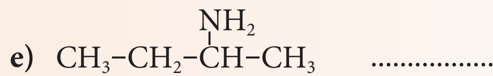







Alıştırma

Aşağıda açık formülleri verilen organik moleküllerdeki fonksiyonel grupların adlarını yazınız.

3.3. ALKOLLER

Kışın araçlarda meydana gelen buzlanma ciddi sorunlar oluşturabilir. Bu nedenle buzlanmaya karşı çeşitli tedbirler alınır. Bu tedbirlerden biri de alkollerden yararlanmaktır. Görsel 3.12'de bir uçağın buzlanmaya karşı bir alkol çeşidi olan etanolle yıkanma işlemi görülmektedir. Etanol, uçak yüzeyinde ince bir tabaka oluşturarak uçağı donmaya karşı korur. Ayrıca uçağın kanat, pervane, motor gibi aksamlarına zarar vermez, çabuk buharlaşır ve zararı diğer kimyasallara oranla daha azdır.

Bu bölümde alkollerin adlandırılması, formülleri, özellikleri ve kullanım alanları ele alınacaktır.



Görsel 3.12: Buzlanmaya karşı etanolle yıkanan uçak

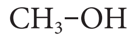
3.3.1. Alkoller ve Alkollerin Sınıflandırılması

Bir hidrokarbonda, sp^3 hibritleşmesine sahip bir ya da birkaç karbon atomuna hidroksil (-OH) grubu bağlanmasıyla oluşan organik bileşiklere **alkol** denir. Genel gösterimleri **R-OH** olan alkollerin genel formülleri $C_nH_{2n+1}OH$ veya $C_nH_{2n+2}O$ şeklindedir.

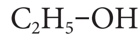
Alkoller, yapısındaki –OH grubu sayısına göre sınıflandırılabilir. Yapısında bir -OH bulunan alkollere **monoalkol**, birden fazla –OH bulunanlara ise **polialkol** denir. Monoalkollere şu bileşikler örnek verilebilir:

Dikkat!

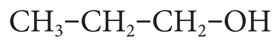
Aynı karbon atomuna birden fazla –OH bağlıysa bu organik bileşik, alkol sınıfına girmez.



Metanol



Etanol

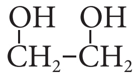


1-propanol

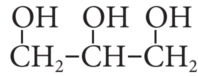


1-bütanol

Polialkollere şu bileşikler örnek verilebilir:

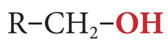


Glikol



Gliserin

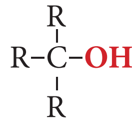
Bir diğer sınıflandırma ise –OH grubunun bağlı olduğu karbona göre yapılır. Bu karbona **alfa karbonu** da denir. Bir karbon atomuna bir alkil grubu bağlıysa bu karbona **primer (birincil) karbon**, iki alkil grubu bağlıysa **sekonder (ikincil) karbon**, üç alkil grubu bağlıysa **tersiyer (üçüncül) karbon** denir. Hidroksil grubunun bu karbon atomlarından birine bağlı olması durumunda alkoller; primer, sekonder veya tersiyer alkol şeklinde adlandırılır. Bu üç alkol sınıfının genel gösterimi şu şekildedir:



Primer alkol



Sekonder alkol

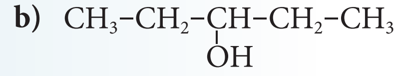


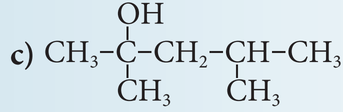
Tersiyer alkol

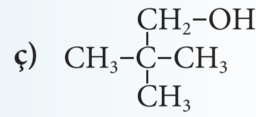
Örnek

Aşağıda formülleri verilen alkolleri primer, sekonder ve tersiyer olarak sınıflandırınız.

a) 

b) 

c) 

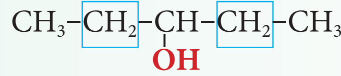
ç) 

Çözüm

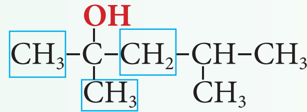
a) Hidroksil grubunun bağlı olduğu karbon atomuna bir alkil grubu bağlı olduğu için bileşik, primer alkoldür.



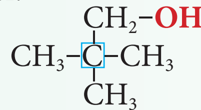
b) Hidroksil grubunun bağlı olduğu karbon atomuna iki alkil grubu bağlı olduğu için bileşik, sekonder alkoldür.



c) Hidroksil grubunun bağlı olduğu karbon atomuna üç alkil grubu bağlı olduğu için bileşik, tersiyer alkoldür.

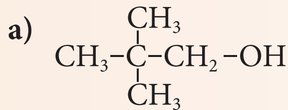


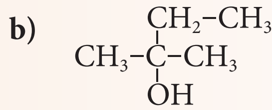
ç) Hidroksil grubunun bağlı olduğu karbon atomuna bir alkil grubu bağlı olduğu için bileşik, primer alkoldür.

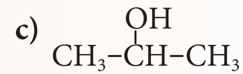


Alıştırma

Aşağıda formülleri verilen alkolleri primer, sekonder ve tersiyer olarak sınıflandırınız.

a) 

b) 

c) 

3.3.2. Alkollerin Adlandırılması

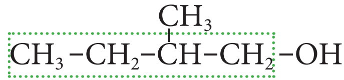
Alkollerin adlandırılmasında iki yol izlenebilir:

a) IUPAC Sistemine Göre Adlandırma

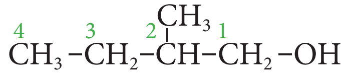
Bu adlandırma sistematik adlandırma olarak da bilinir. Adlandırmada izlenecek adımlar şu şekilde sıralanabilir:

"Çoğu insan zekâya inanır, ben inanmıyorum. Bizi birbirimizden ayıran emektir, ben çalışmaya inanıyorum."
Aziz SANCAR

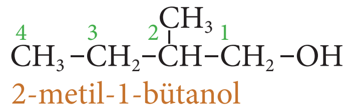
1. Hidroksil grubunun bağlı olduğu en uzun karbon zinciri seçilir. Bu yapıya ana zincir de denir.



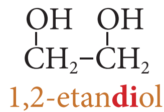
2. Hidroksil grubu çoklu bağlara, alkil gruplarına ve halojenlere göre önceliklidir. Hidroksil grubu içeren karbon en küçük numarayı alacak şekilde numaralandırma yapılır.

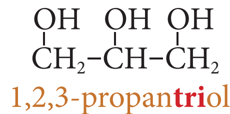


3. Adlandırma yapılırken öncelikle -varsa- ana zincire bağlı yan grup veya grupların numarası, sonra araya çizgi konularak adı yazılır. Daha sonra hidroksilin bağlı olduğu karbonun numarası yazılır ve araya kısa çizgi (–) konularak en uzun karbon zincirine denk gelen alkan adının sonuna –ol eki getirilir ve adlandırma tamamlanır.

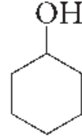


4. Molekülde birden fazla hidroksil grubu bulunuyorsa -ol ekinden önce di, tri gibi Latince sayılar getirilir.

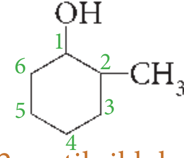




5. Halkalı yapılarda, hidroksilin bağlı olduğu karbondan başlanarak numaralandırma ve adlandırma işlemi yapılır. Halkaya hidroksil dışında bir grup bağlı değilse numaralandırma yapılmaz. Adlandırma yaparken hidroksilin yerini belirtmeye gerek yoktur.



Siklohekzanol

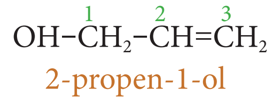


2-metil siklohekzanol

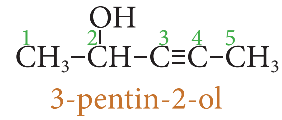
Dikkat!

Fenol, yapısındaki hidroksil grubuna rağmen alkol sınıfına dâhil değildir.

6. Molekülde karbon atomları arasında çoklu bağ varsa bu bağların yeri belirtilir. Numaralandırma işlemine, hidroksil bulunan karbona en yakın uçtan başlanır. Adlandırma yapılırken önce çoklu bağın numarası yazılır. Daha sonra araya kısa çizgi konularak alken ya da alkin adı yazılır. Alken veya alkin adının sonuna hidroksil bağlı karbonun numarası ve –ol eki getirilerek adlandırma tamamlanır.



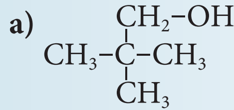
2-propen-1-ol

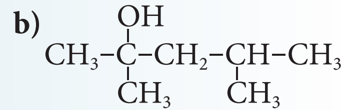


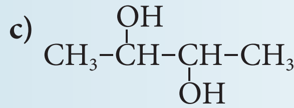
3-pentin-2-ol

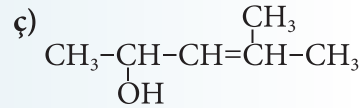
Örnek

Aşağıda formülleri verilen alkolleri IUPAC sistemine göre adlandırınız.

a) 

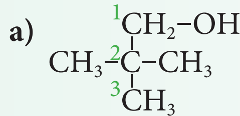
b) 

c) 

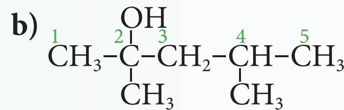
ç) 

Çözüm

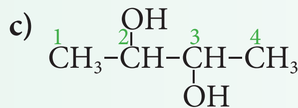
Hidroksil bağlı olan karbonun numarası en küçük olacak şekilde en uzun karbon zinciri tespit edilir ve adlandırma işlemi yapılır.

a) 

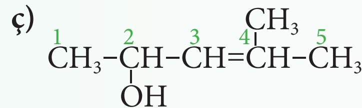
2,2-dimetil-1-propanol

b) 

2,4-dimetil-2-pentanol

c) 

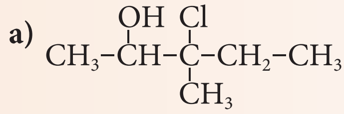
2,3-bütandiol

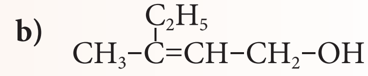
ç) 

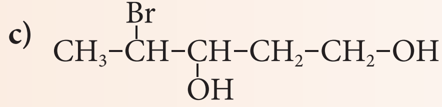
4-metil-3-penten-2-ol

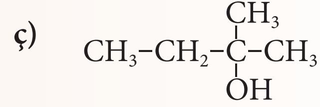
Alıştırma

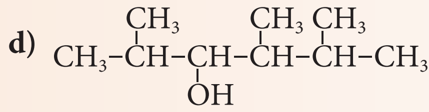
Aşağıda formülleri verilen alkolleri IUPAC sistemine göre adlandırınız.

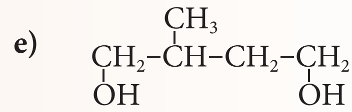
a) 

b) 

c) 

ç) 

d) 

e) 

b) Alkollerin Yaygın Adlandırması

Alkolü oluşturan alkil grubunun adının sonuna alkol ifadesi getirilerek adlandırma gerçekleştirilir (Tablo 3.3). Ancak bu adlandırma karbon sayısı ve dallanması az olan alkoller için uygundur. Karbon sayısı fazla olan alkoller için sistematik adlandırma yapılmalıdır.

Tablo 3.3: Bazı alkoller ve yaygın adları

Molekül Formülü	Adı
CH_3OH	Metil alkol
C_2H_5OH	Etil alkol
C_3H_7OH	Propil alkol
C_4H_9OH	Bütil alkol

3.3.3. Alkollerin Özellikleri

Alkoller, suda moleküler hâlde çözünür. Molekül kütlesi arttıkça ve alkolün yapısı büyüdükçe sudaki çözünürlük özelliği azalır.

Alkollerde molekül kütlesi arttıkça London etkileşimleri artar, kaynama noktası yükselir. Metil alkolün (CH_3OH) kaynama noktası 65 °C iken etil alkolün (C_2H_5OH) kaynama noktası 78,5 °C'dir.

Karbon sayıları aynı olmasına rağmen alkollerin kaynama noktaları hidrokarbonlara göre çok daha yüksektir. Örneğin metan (CH_4) -161,5 °C'de kaynarken metil alkolün (CH_3OH) kaynama noktası 65 °C'dir. Bunun sebebi alkol molekülleri arasındaki hidrojen bağıdır.

Alkollerde hidroksil sayısı arttıkça kaynama noktası yükselir. Çünkü hidroksil grubu sayısının artması birden fazla hidrojen bağı oluşabilmesi anlamına gelir. Bu durum alkollerin sudaki çözünürlüklerini de artırır. Yapısında iki hidroksil grubu bulunan glikol, kaynama noktası yüksek olduğu ve suda iyi çözündüğü için genellikle antifriz olarak kullanılır (Görsel 3.13).



Görsel 3.13: Antifriz

Hidroksilin bağlı olduğu karbonda dallanma arttıkça alkollerin kaynama noktası düşer. Bu nedenle aynı sayıda karbon atomu içeren alkollerin kaynama noktasının büyükten küçüğe sıralaması birincil alkoller, ikincil alkoller, üçüncül alkoller şeklindedir (Tablo 3.4).

Tablo 3.4: Bazı alkollerin kaynama noktalarının karşılaştırılması

Alkolün Adı	Alkolün Formülü	Kaynama Noktası
1-bütanol	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2\text{-}OH$	118 °C
2-bütanol	$CH_3-CH_2-\overset{\overset{OH}{\mid}}{C}H-CH_3$	100 °C
2-metil-2-propanol	$CH_3-\underset{\underset{CH_3}{\mid}}{\overset{\overset{OH}{\mid}}{C}}-CH_3$	83 °C

Alkoller genellikle renksizdir ve iyi akışkandır. Ayrıca alkollerin uçuculuk özellikleri de fazladır.

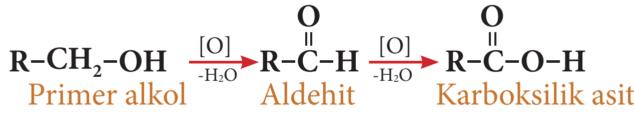
Alkoller Na ve K gibi 1A grubu aktif metalleriyle tepkimeye girerek alkolatları oluşturur ve H_2 gazı açığa çıkar.

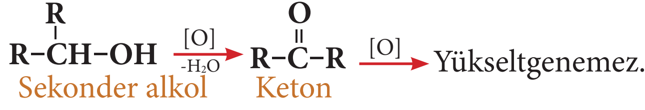


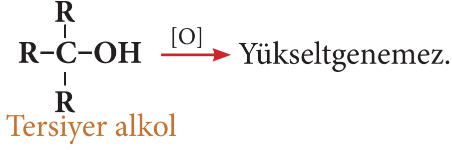
$$\mathbf{R-OH + Na \rightarrow RONa + 1/2H_2}$$

Alkolat

Alkoller, hidroksil grubunun bağlı olduğu karbon atomundaki hidrojen sayısı kadar yükseltgenir. Bu tepkime türünde birincil alkoller bir kademe yükseltgendiğinde aldehite, iki kademe yükseltgendiğinde karboksilik aside dönüşür. İkincil alkoller ise bir kademe yükseltgenir ve ketona dönüşür. Tersiyer alkoller hidroksil grubunun bağlı olduğu karbon atomunda hidrojen olmadığı için yükseltgenmez.



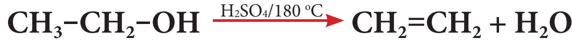




Bir Hatırlatma

Kimyasal tepkime denklemlerinde tepkime oku üstündeki [O] ifadesi yükseltgenmeyi gösterir.

Alkollerden H_2SO_4 katalizörlüğünde ve yüksek sıcaklıkta (180 °C) 1 mol su çekilirse alken oluşur. Örneğin etil alkolden 1 mol su çekildiğinde eten elde edilir.



$$CH_3{-}CH_2{-}OH \xrightarrow{H_2SO_4/180\,^\circ C} CH_2{=}CH_2 + H_2O$$

Alkoller eter sentezinde de kullanılır. 2 mol alkolden 140 °C'de ve H_2SO_4 katalizörlüğünde su çekildiğinde eter oluşur. Örneğin 2 mol etil alkolden 1mol su çekildiğinde dietil eter elde edilir.

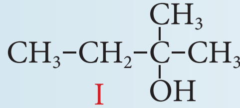


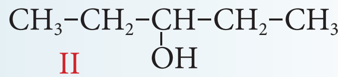
$$2(CH_3{-}CH_2{-}OH) \xrightarrow{H_2SO_4/140\,^\circ C} CH_3{-}CH_2{-}O{-}CH_2{-}CH_3 + H_2O$$

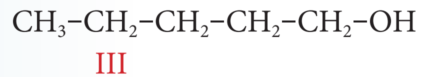
Alkollerin tamamı yanma tepkimesi verir. Alkollerin yanması sonucunda karbon dioksit ve su açığa çıkar.

Örnek

1. Etil alkolün ve glikolün kaynama noktalarını ve sudaki çözünürlüklerini karşılaştırınız.
2. Aşağıda yapı formülleri verilen alkollerin kaynama noktalarını karşılaştırınız.







Çözüm

1. Etil alkol ve glikol aynı sayıda karbon atomu içermesine karşılık glikol iki hidroksil grubu içerir. Bu durum glikolde hidrojen bağının fazla olmasını sağlar. Bu nedenle glikolün kaynama noktası ve sudaki çözünürlüğü etil alkolden fazladır.
2. Her üç alkol de eşit sayıda karbon atomu içerir. Ancak bunlardan ilki tersiyer, ikincisi sekonder, üçüncüsü ise primer alkoldür. Bu durumda kaynama noktaları sıralaması III > II > I olur.

Alıştırma

Aşağıda adları verilen alkollerin yapı formüllerini yazarak kaynama noktalarını karşılaştırınız.

a) 1-hekzanol
b) 2-hekzanol
c) 2-metil-2-pentanol

Dikkat!

Fermantasyon sonucu elde edilen etanol ile diğer yöntemlerle elde edilen etanol kimyasal olarak aynıdır.

3.3.4. Etanolün Elde Edilmesi

Etanol, sanayiden tıbba pek çok alanda kullanılan bir alkoldür. Günümüzde alkol üretimi büyük ölçüde fermantasyona (mayalanma) dayanır (Görsel 3.14). Fermantasyon, genellikle glikozun alkole dönüştüğü reaksiyonlar için kullanılan bir terimdir. Ancak daha uygun bir ifadeyle fermantasyon, karbonhidratların alkol ve asitlere dönüştürülmesidir.

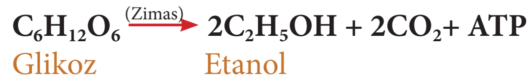


Görsel 3.14: Etanol fermantasyon tesisi

Biliyor musunuz?

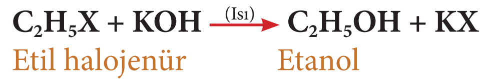
Etanol, çoğunlukla bitkisel maddelerin fermantasyonu sonucu elde edildiği için hububat alkolü adını da alır.

Etanol, glikozun zimas enzimi yardımıyla fermantasyonu sonucu oluşur. Fermantasyon, tek hücreli canlıların enerji elde etmesini sağlayan bir olay olduğu için fermantasyon sonunda ATP açığa çıkar. Bu olayın kimyasal denklemi şu şekildedir:



$$\underset{\text{Glikoz}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{(\text{Zimas})} 2\underset{\text{Etanol}}{C_2H_5OH} + 2CO_2 + ATP$$

Fermantasyon dışında sanayide etanol elde etmenin farklı yöntemleri vardır. Bu yöntemlerden biri, etil halojenürü (C_2H_5X) sodyum hidroksitin (NaOH) veya potasyum hidroksitin (KOH) seyreltik çözeltisiyle ısıtmaktır. Yer değiştirme tepkimesi şeklinde adlandırılan tepkimenin denklemi şu şekildedir:

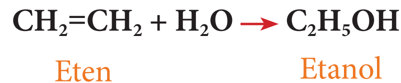


$$\underset{\text{Etil halojenür}}{C_2H_5X} + KOH \xrightarrow{(\text{Isı})} \underset{\text{Etanol}}{C_2H_5OH} + KX$$

Dikkat!

Alkil halojenürlerin KOH veya NaOH ile tepkimesi sonucunda etanol dışındaki primer alkolleri de elde etmek mümkündür.

Sanayide etanol elde etmenin bir diğer yöntemi de eten (C_2H_4) bileşiğini kuvvetli asit katalizörlüğünde su (H_2O) ile tepkimeye sokmaktır. Bu tepkime etendeki ikili bağın tekli bağa dönüştüğü bir katılma tepkimesidir. Söz konusu tepkimenin denklemi şu şekildedir:



$$\underset{\text{Eten}}{CH_2{=}CH_2} + H_2O \rightarrow \underset{\text{Etanol}}{C_2H_5OH}$$

3.3.5. Bazı Alkollerin Kullanım Alanları

Metanol (Metil Alkol)
CH_3-OH

Metanol, odundan odun kömürü üretimi sırasında yan ürün olarak elde edilmesinden dolayı 1920'lere kadar odun alkolü olarak da adlandırılmıştır. Metanol, günümüzde karbon monoksidin hidrojenle tepkimesi sonucu elde edilir.

Metanol çeşitli reçine ve plastiklerin üretiminde ayrıca çözücü, antifriz ve sıvı yakıt olarak da kullanılır. Metanol, yaklaşık 65 °C'de kaynayan renksiz bir sıvıdır ve su ile her oranda karışır. Zehirli yapıda olan metanol, içildiğinde körlüğe hatta ölüme yol açar.

Etanol (Etil Alkol)
CH_3-CH_2-OH

Etanol, çoğunlukla alkollü içecek üretiminde kullanılır. Etanol de metanol gibi zararlıdır ancak metanole nazaran zararlı özelliği daha azdır. Uyarıcı olduğuna inanılmasına karşın etanolün beyin etkinliğini azaltan bir özelliği vardır. Etanol, insanlığın süregelen bir problemi olan alkolizmin temel kaynağıdır.

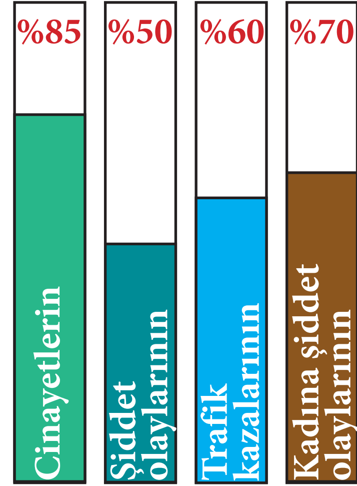
Etanol, alkollü içecek üretimi dışında sağlık başta olmak üzere pek çok alanda kullanılır. Mikroplara karşı hızlı etkiye sahip olması yanında temizleyici ve kurutucu özelliklerinden dolayı sağlık alanında antiseptik ve dezenfektan olarak sıklıkla yararlanılan bir maddedir.

Etanol, iyi bir organik çözücü olması nedeniyle parfüm ve ilaç sektörlerinde de sıklıkla kullanılır. Bununla beraber etanol, araçlar için iyi bir yakıt seçeneğidir. Şeker, nişasta veya selüloz özlü tarımsal ürünlerin fermantasyonu ile elde edilen etanol, benzin veya mazotla belirli oranlarda karıştırıldığında **biyoetanol** (Görsel 3.15) adını alır. Biyoetanol, oktan artırmak amacıyla kullanılan benzen, metil tersiyer bütil eter (MTBE) gibi kanserojen maddelerin çevreci bir alternatifidir. Biyoetanol, oktan oranına göre araç motorunun performansını yükseltir. Bununla beraber antifriz görevi gören biyoetanol motorun daha serin kalmasını sağlarken motora yakıt püskürten enjektörlerin kirlenmesini de engeller. Ayrıca ithal petrol ihtiyacına alternatif yerli, yenilenebilir ve stratejik bir enerji kaynağı oluşturur.


Görsel 3.15: Biyoetanol çevreci bir yakıttır.



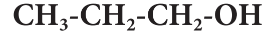
Dünya Sağlık Örgütünün, aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 30 ülkede yaptığı araştırmaya göre



oranında en etkili unsuru veya sebebi alkoldür.



Propanol



$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}OH$

Propanol ya da yaygın adıyla propil alkol, oda şartlarında keskin küf kokusuna sahip renksiz bir sıvıdır. Havadan ağır olan buharı göz, burun ve boğazda tahrişe yol açar. Propanol sanayide genellikle çözücü olarak (yazıcı mürekkeplerinde, boyalarda, kozmetik ürünlerinde) kullanılır. İzomeri olan propan-2-ol (izopropil alkol), dezenfektan özelliğe sahiptir. Bu özelliğinden dolayı sabun ve losyonlarda antiseptik olarak kullanılır. Ayrıca izopropil alkol ilk ticari sentetik alkoldür.

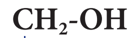
Bütanol



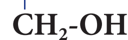
$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}OH$

Molekül formülü C_4H_9OH olan n-bütanol, mono alkollerin dördüncü üyesidir. Bu alkolün izomerleri 2-bütanol, 2-metil-1-propanol ve 2-metil-2-propanol şeklindedir. Şeffaf, renksiz ve kokusu kalıcı olmayan bir sıvıdır. Suda metanol ve etanol gibi iyi çözünmez. Sanayide diğer alkoller gibi çözücü olarak kullanılır. Ayrıca bütanolden araç motorlarında etanol gibi yakıt olarak da yararlanılır.

Etandiol (Glikol)



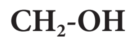
$CH_2\text{-}OH$



$CH_2\text{-}OH$

Yaygın adı glikol olan etandiol, renksiz ve yağlı bir sıvıdır. Otomobillerin soğutma sistemlerinde antifriz, hidrolik fren sistemlerinde fren sıvısı olarak kullanılır.

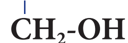
Propantriol (Gliserin)



$CH_2\text{-}OH$



$CH\text{-}OH$



$CH_2\text{-}OH$

Alkol ailesinden olan propantriolün yaygın adı gliserindir. Akışkan olmayan, berrak ve renksiz bir sıvıdır. Bitkisel ve hayvansal yağlardan sabun yapımında bir yan ürün olarak ortaya çıkmıştır. Gliserinin çok çeşitli kullanım alanları vardır. Sakız ve reçinelerin temel bileşeni olan gliserin, modern dış cephe koruyucularının üretiminde de kullanılır. Nitrik asitle verdiği tepkime sonunda nitrogliserin adı verilen patlayıcı elde edilir. Alyuvar ve göz korneası gibi canlı dokuları dondururken dokuları soğuktan korur.

Örnek

1. 1 mol etanol yeterince sodyum metaliyle %50 verimle tepkimeye sokuluyor. Tepkime sonunda oluşan hidrojen gazı, kaç mol eten molekülüne katılarak etana dönüştürülebilir?

2. I. 1-bütanol
II. 2-propanol
III. 2-bütanol
IV. 2-metil-2-propanol

Yukarıdaki bileşiklerden hangisi yükseltgendiğinde keton oluşur?

Çözüm

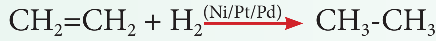
1. Alkoller sodyum metali ile tepkimeye girdiğinde alkolat ve hidrojen gazı oluşur. Etanolün sodyumla tepkimesinin denklemi şu şekildedir:



$$C_2H_5OH + Na \rightarrow C_2H_5ONa + 1/2H_2$$

Tepkime denklemine göre 1 mol etanolden 0,5 mol hidrojen gazı oluşur. Ancak tepkime verimi %50 olduğu için 0,25 mol hidrojen gazı elde edilir.

Alkenlere hidrojen katılması sonucu alkan oluşur. Etene hidrojen katılmasının tepkimesi şu şekildedir:

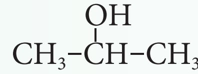


$$CH_2{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow{(Ni/Pt/Pd)} CH_3\text{-}CH_3$$

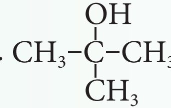
Tepkime denklemine göre 1 mol hidrojen, 1 mol eten molekülünü etana dönüştürür. Buna göre 0,25 mol hidrojen gazı 0,25 mol eten molekülünü etana dönüştürür.

2. Sekonder alkoller yükseltgendiğinde keton molekülüne dönüşür. Verilen alkollerin yapı formüllerine bakılarak sekonder alkoller belirlenir.

I. 1-bütanol primer alkoldür.  $CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}OH$

II. 2-propanol sekonder alkoldür.  $CH_3{-}CH(OH){-}CH_3$

III. 2-bütanol sekonder alkoldür.  $CH_3{-}CH(OH){-}CH_2{-}CH_3$

IV. 2-metil-2-propanol tersiyer alkoldür.  $CH_3{-}C(OH)(CH_3){-}CH_3$

Alıştırma

Bir organik bileşikle ilgili

- Fonksiyonel grubu hidroksildir.
- Tam yükseltgendiğinde iki karboksil grubu içeren bileşik oluşmaktadır.
- 0,5 molü yandığında normal koşullarda 22,4 L CO_2 oluşmaktadır.

bilgileri veriliyor. Bu bileşiğin adını ve formülünü yazınız.

3.4. ETERLER

İnsanoğlu, tarih boyunca ağrı ile mücadele etmek için çeşitli yöntemlere başvurmuştur. Özellikle cerrahi müdahale sırasında oluşan ağrıları engellemek için oldukça ilkel yöntemler kullanılmıştır. Günümüzde pek çok değişik kimyasal madde sayesinde bu ağrıların önüne geçmek mümkündür. Anestezi, cerrahi müdahale esnasında kimyasal bir maddeyle bedenin tamamında (genel) ya da belli bir kısmında (lokal) meydana getirilen geçici duyu kaybıdır. Dietil eter, anestezi uygulamalarında kullanılan ilk kimyasallardandır. 1846 yılında tıp fakültesi 2. sınıf öğrencisi William Morton (Vilyım Mortın) dietil eteri kullanarak bir hekim grubu önünde ağrısız diş çekimi gerçekleştirmiştir (Görsel 3.16). Morton, bu uygulamadan sonra tarihe eterin babası olarak geçmiştir.

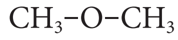
Bu bölümde eterlerin adlandırılması, formülleri, özellikleri ve kullanım alanları ile fonksiyonel grup izomerliği kavramı ele alınacaktır.

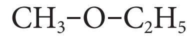


Görsel 3.16: Dietil eter kullanılarak gerçekleştirilen ilk anestezi denemesi

3.4.1. Eterler ve Eterlerin Sınıflandırılması

Eterler, bir oksijen atomuna iki alkil grubunun bağlı olduğu bileşiklerdir. Genel gösterimleri **R-O-R**, genel formülleri ise **$C_nH_{2n+2}O$** şeklindedir. Eterlerin en küçük üyesi iki karbonludur. Eterler, oksijen bağlı alkil gruplarına göre sınıflandırılır. Oksijen atomunun her iki tarafında bulunan alkil grupları aynı ise **simetrik eter**, farklı ise **asimetrik eter** şeklinde sınıflandırma yapılır. Simetrik eterler **R-O-R** şeklinde, asimetrik eterler **R-O-R'** şeklinde gösterilir.

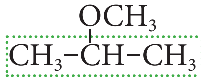

CH_3-O-CH_3
Simetrik eter


$CH_3-O-C_2H_5$
Asimetrik eter

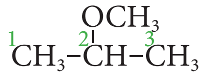
3.4.2. Eterlerin Adlandırılması

Eterler IUPAC kurallarına göre adlandırılırken şu adımlar izlenir:

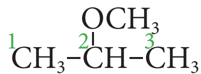
1. Oksijene bağlı en uzun karbon zincirine sahip alkil grubu tespit edilir. Bu grup ana zinciri oluşturur.



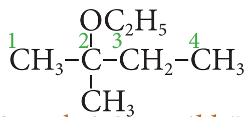
2. Oksijene yakın karbondan başlanarak zinciri bozmayacak şekilde numaralandırma işlemi yapılır.



3. Karbon sayısı az olan ve oksijene bağlı diğer alkilin sonundaki -il ekinin yerine -oksi eki getirilir. Bu gruba alkoksi denir. Adlandırma yapılırken önce alkoksinin bağlı olduğu karbonun numarası, daha sonra alkoksinin adı ve en uzun zincire karşılık gelen alkan adı yazılır.

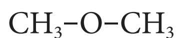

2-metoksi propan

4. Karbon zincirinde dallanma varsa alkoksi ve alkil isimleri alfabetik sıraya göre yazılır.


2-etoksi-2-metil bütan

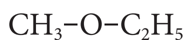
Eterlerin Yaygın Adlandırılması

1. Simetrik eterler adlandırılırken alkil adının başına -di eki, sonuna ise eter ifadesi getirilir.


CH_3-O-CH_3
Dimetil eter


$C_2H_5-O-C_2H_5$
Dietil eter

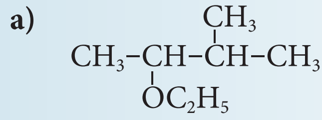
2. Asimetrik eterler adlandırılırken alkil adları alfabetik sıraya göre yazılır ve en sona eter ifadesi getirilir.

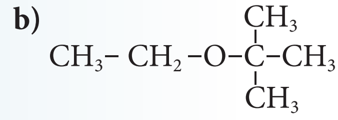

$CH_3-O-C_2H_5$
Etil metil eter

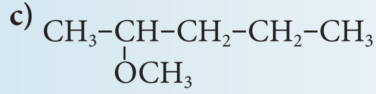

$C_2H_5-O-C_3H_7$
Etil propil eter

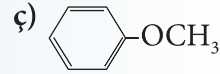
Örnek

Aşağıda verilen eterleri IUPAC sistemine göre adlandırınız.

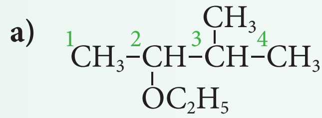
a) 

b) 

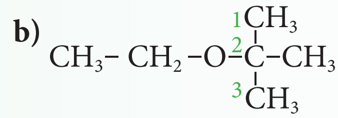
c) 

ç) 

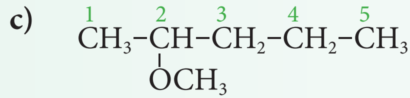
Çözüm

a) 

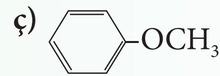
2-etoksi-3-metil bütan

b) 

2-etoksi-2-metil propan

c) 

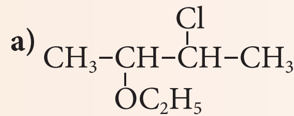
2-metoksi pentan

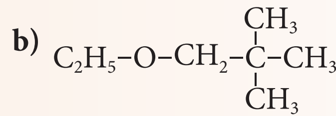
ç) 

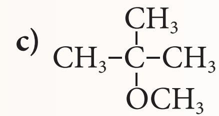
Metoksi benzen

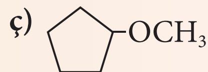
Alıştırma

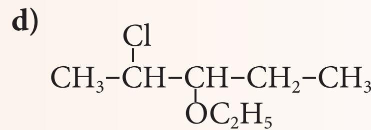
Aşağıda yapı formülleri verilen eterleri adlandırınız.

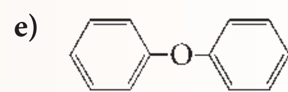
a) 

b) 

c) 

ç) 

d) 

e) 

3.4.3. Eterlerin Özellikleri

Eterlerin kaynama noktaları alkollere göre düşüktür. Oksijene bağlı herhangi bir hidrojen olmadığı için eter molekülleri arasında hidrojen bağı yoktur. Örneğin etanol (C_2H_5OH) 78 °C'de kaynarken aynı karbon sayısına sahip dimetil eter (CH_3OCH_3) 36 °C'de kaynar.

Eter molekülleri polar yapıda olduğu için az da olsa suda çözünür. Ancak eter moleküllerindeki alkil grupları büyüdükçe oluşan hidrofob etkiden dolayı büyük eter molekülleri suda çözünmez.

Eterler kimyasal olarak aktif moleküller değildir. Bu nedenle eterlerin verdiği tepkimeler sınırlıdır. Eterler yanabilir, yanma sonucu karbon dioksit ve su açığa çıkar.

Eterlerin Çözücü Özelliği

Organik tepkimelerde çözücünün tepkimeye katılmaması en önemli tercihlerden biridir. Bu nedenle kimyasal olarak aktif olmayan eterler pek çok organik tepkimede çözücü olarak önemli rol oynar.

Eterlerin polaritesi alkole göre son derece düşük olduğu için yağ, vernik ve reçine gibi maddeler eterlerde iyi çözünür. Bu maddelerin bulaştığı kısımlar eterlerle kolayca temizlenebilir (Görsel 3.17). Ayrıca eterlerin molekülündeki oksijen atomunda bulunan ortaklanmamış elektron çiftleri katyonlarla iyon-dipol etkileşimine girebilir. Bu sayede eterler, bazı polar bileşikleri de çözebilir. Eterler, pek çok organik maddeyi rahatlıkla çözebildiği için laboratuvarlarda çözünürlük farkına dayalı ayırma yöntemi olan ekstraksiyon (özütleme) işlemlerinde sıklıkla kullanılır.

Biliyor musunuz?

Dietil eter halk arasında lokman ruhu olarak bilinir.



Görsel 3.17: Eterler yağları temizlemede kullanılabilir.

Deney

Sulu Bitki Ekstresinden Renkli Bileşenlerin Eterle Ayrılması

Amaç

Eterin çözücü özelliğini gözlemleme

Madde ve Malzemeler

- 100 g ıspanak
- 100 mL saf su
- 50 mL dimetil eter
- Süzgeç kâğıdı
- Huni
- Hassas terazi
- Dereceli pipet
- Ayırma hunisi
- Havan
- Erlen



Görsel 3.18: Deney malzemeleri






Deneyin Yapılışı

1. 100 g ıspanağı havan içerisinde iyice eziniz.
2. Havana 50 mL su ekleyip ıspanağı 5 dakika daha ezmeye devam ediniz.
3. Huniyi süzgeç kâğıdıyla kaplayarak ıspanağı erlenin içine süzünüz.
4. Erlen içindeki süzüntü üzerine ellişer mL su ve eter ekleyiniz.
5. Karışımı ayırma hunisine aktararak bir süre bekleyiniz.

Sizden sonra gelecek grubu göz önünde bulundurarak kullandığınız malzemeleri toplamadan laboratuvardan ayrılmayınız.

Sorular

1. Eterin bu deneydeki rolü nedir?
2. Ayırma hunisinde nasıl bir olay gözlemlediniz?
3. Bu deneyde eter dışında hangi maddeler kullanılabilir?

Yorumlarınız

3.4.4. Fonksiyonel Grup İzomerliği

Aynı molekül formülüne sahip olmasına rağmen fonksiyonel grupları farklı olan bileşikler birbirinin fonksiyonel grup izomeridir. Aynı karbon sayısına sahip alkollerle eterler, aldehitlerle ketonlar, karboksilik asitlerle esterler birbirinin fonksiyonel grup izomeridir.

İki karbon atomu içeren alkol ve eterlerde fonksiyonel grup izomerliği başlar. Bu nedenle tek karbonlu metanolün fonksiyonel grup izomeri yoktur.

Örnek

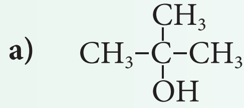
Aşağıdaki alkol ve eter çiftlerinde fonksiyonel grup izomeri olup olmadığını bulunuz.

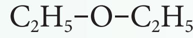
a) 2-metil-2-propanol / etoksi etan

b) 1-Propanol / 2-metoksi propan

Çözüm

Bir alkolle bir eterin birbirinin izomeri olup olmadığını anlamak için her iki bileşikteki karbon sayılarına bakmak gereklidir.

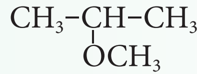
a) 



2-metil-2-propanol — Etoksi etan

2-metil-2-propanol dört karbonlu bir alkoldür. Etoksi etan dört karbonlu bir eterdir. Bu durumda bu iki bileşik birbirinin fonksiyonel grup izomeridir.

b) 



1-propanol — 2-metoksi propan

Propanol üç karbonlu bir alkoldür. Buna karşın 2-metoksi propan dört karbonlu bir eterdir. Bu durumda bu bileşikler arasında fonksiyonel grup izomerliği yoktur.

Alıştırma

Aşağıdaki alkol ve eter çiftlerinde fonksiyonel grup izomeri olup olmadığını bulunuz.

a) Bütanol / 2-etoksi propan

b) 2-metil bütanol / 2 metoksi bütan

3.5. KARBONİL BİLEŞİKLERİ

Tütsüleme (Görsel 3.19), eski çağlarda ateşin bulunması ile başlayan bir gıda saklama yöntemidir. Bu yöntem sadece saklamak için değil ürüne daha güzel bir tat ve koku vermek için de kullanılır. Tütsüleme işleminde güzel kokulu bitki ve ağaç türlerinin talaşından yararlanılır. Tütsüde çok sayıda karbonil bileşiği vardır. Bu karbonil bileşikleri üründe karakteristik tütsü lezzetini oluşturur. Tütsüde bulunan karbonil bileşiklerinden en önemlisi formaldehittir. Tütsüleme yöntemi, formaldehitin bakteriler üzerindeki yok edici etkisinden dolayı gıdaları korumak için tercih edilir.

Bu bölümde karbonil bileşiklerinden olan aldehit ve ketonların adlandırılması, özellikleri ve kullanım alanları ele alınacaktır.

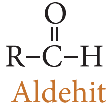


Görsel 3.19: Tütsülenen et ürünü

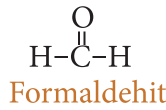
3.5.1. Aldehit ve Ketonlar

Organik kimyada en önemli fonksiyonel gruplardan biri de karbonil grubudur. Karbon atomu çift bağ yaparak oksijen atomuna bağlandığında karbonil grubu (>C=O) oluşur. Karbonil grubu; aldehit, keton gibi bileşiklerde bulunur.

Karbonil grubunun bulunduğu karbon atomuna hidrojen ve bir alkil grubu bağlanması ile oluşan bileşiklere **aldehit** denir. Aldehitlerin en basit üyesi formaldehittir. Formaldehit bileşiğinde karbonil grubunun karbon atomuna iki hidrojen atomu bağlanmıştır.



Aldehit

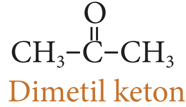


Formaldehit

Karbonil grubuna aynı ya da farklı iki alkil veya fenil grubu bağlanması ile oluşan yapılara **keton** denir. Ketonların en basit üyesi ise asetondur.



Keton

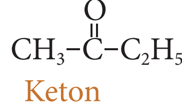


Dimetil keton

Karbonil grubu, aldehitte karbon zincirinin ucunda, ketonda ise karbon zincirinin iç kısımlarında yer alır.



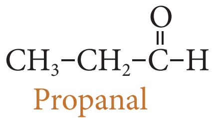
Aldehit



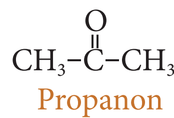
Keton

Aynı karbon sayılı aldehit ve ketonlar birbirinin fonksiyonel grup izomeridir. İkisinin de genel formülü $\mathbf{C_nH_{2n}O}$ şeklindedir.

Propanal ve propanonun genel formülleri C_3H_6O şeklindedir. Kapalı formülleri aynı olmasına rağmen yapı formülleri farklı olduğu için bu iki bileşik birbirinin izomeridir.



Propanal



Propanon

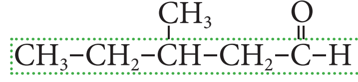
Biliyor musunuz?

Biyolojik numuneleri korumak için kullanılan sıvı formalin, formaldehitin sulu çözeltisidir.

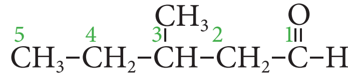
3.5.2. Aldehitlerin Adlandırılması

Aldehitler IUPAC kurallarına göre adlandırılırken şu adımlar izlenir:

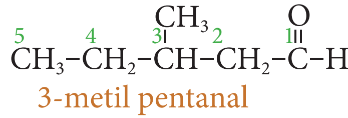
1. Karbonil grubunun bulunduğu en uzun karbon zinciri belirlenir.



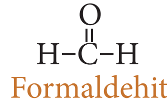
2. Karbonil grubunun bulunduğu karbon atomunun numarası 1 olacak şekilde karbonlar numaralandırılır.

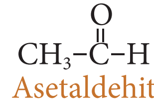


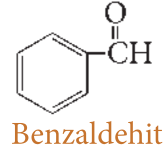
3. Aldehitler, aynı sayıda karbon içeren alkan adının sonuna -al eki getirilerek adlandırılır. Yan grupların bağlı olduğu karbon atomunun numarası, adı ve aynı gruptan birden fazla varsa kaç tane olduğu yazılır.



Çok bilinen aldehitlerin yaygın adları IUPAC adları olarak da kabul edilir.


Formaldehit


Asetaldehit


Benzaldehit

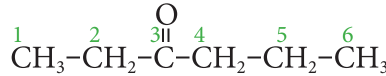
3.5.3. Ketonların Adlandırılması

Ketonlar IUPAC kurallarına göre adlandırılırken şu adımlar izlenir:

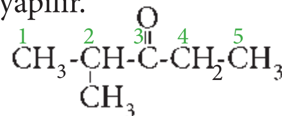
1. Karbonil grubunun bulunduğu en uzun zincir belirlenir.



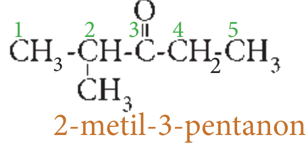
2. Karbonil grubuna en yakın uçtan başlanarak karbonlar numaralandırılır.



3. Karbonil grubu, zincirin uçlarına eşit uzaklıkta ise yan grupların yakın olduğu uçtan başlanarak numaralandırma yapılır.

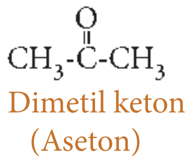


4. Yan grupların adı, bağlı olduğu karbon atomunun numarası ve aynı gruptan birden fazla varsa sayısı belirtilir. Karbonil grubu karbonunun numarası yazılır ve en uzun zincire karşılık gelen alkanın adının sonuna -on eki getirilerek adlandırma tamamlanır.

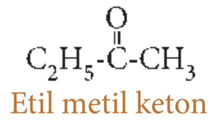


2-metil-3-pentanon

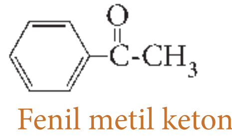
5. Ketonların yaygın adlandırılması, karbonil grubuna bağlı olan alkil gruplarının adlarından sonra keton kelimesi getirilerek yapılır.



Dimetil keton (Aseton)



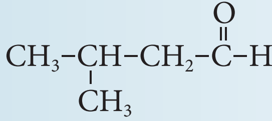
Etil metil keton

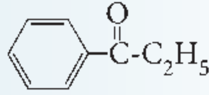


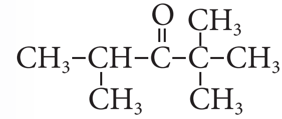
Fenil metil keton

Örnek

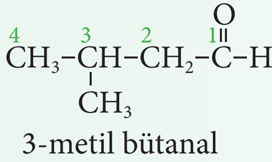
Aşağıda verilen aldehit ve ketonları IUPAC sistemine göre adlandırınız.



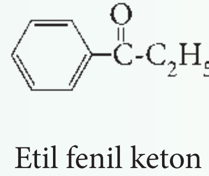




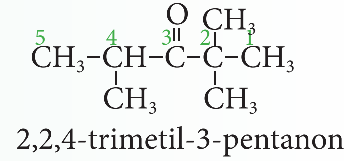
Çözüm



3-metil bütanal



Etil fenil keton

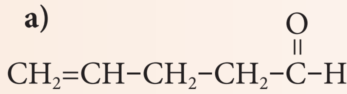


2,2,4-trimetil-3-pentanon

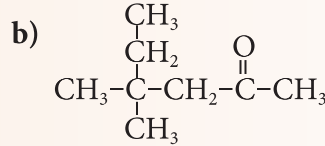
Alıştırma

Aşağıdaki aldehit ve ketonları IUPAC sistemine göre adlandırınız.

a)



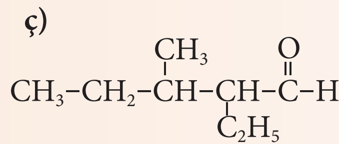
b)



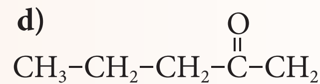
c)



ç)



d)



3.5.4. Aldehit ve Ketonların Özellikleri

Aldehit ve ketonlar içerdiği karbonil grubu nedeniyle polar yapılıdır. Bu nedenle aldehit ve ketonların kaynama noktası, hemen hemen aynı molekül kütlesine sahip olan hidrokarbon ve diğer apolar organik bileşiklerden daha yüksektir (Tablo 3.5).

Tablo 3.5: Aynı sayıda karbonu olan organik bileşiklerin kaynama noktaları

Bileşik Adı	Bileşik Formülü	Kaynama Noktası
Heptan	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$	69 °C
Heptanal	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-\overset{\overset{O}{\Vert}}{C}H$	131 °C
2-heptanon	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-\overset{\overset{O}{\Vert}}{C}-CH_3$	150 °C

Aldehit ve ketonların molekülleri arasında hidrojen bağları yoktur. Bu nedenle aldehit ve ketonların kaynama noktası, hemen hemen aynı molekül kütlesine sahip olan alkol ve karboksilik asitlerden daha düşüktür (Tablo 3.6).

Tablo 3.6: Aynı sayıda karbonu olan bileşiklerin kaynama noktaları

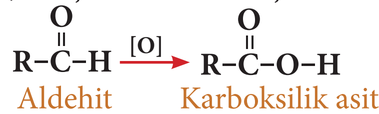
Bileşik Adı	Bileşik Formülü	Kaynama Noktası
Bütanol	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$	118 °C
Bütanal	$CH_3-CH_2-CH_2-\overset{\overset{O}{\Vert}}{C}H$	79 °C

Aldehit ve ketonlar su ve benzeri polar çözücülerde çözünür ancak karbon sayısı arttıkça sudaki çözünürlükleri azalır.

Aldehit ve ketonların tepkimeleri arasında büyük bir benzerlik vardır. Aralarındaki en büyük fark aldehitlerin yükseltgenip ketonların yükseltgenmemesidir.

Ketonlarda karbonil grubuna bağlı iki radikal grup vardır ancak aldehitlerdeki gibi aktif bir hidrojen yoktur. Bu nedenle ketonlar istisnalar haricinde yükseltgenmez.

Aldehitler karbonil grubuna bağlı hidrojen atomunu kolaylıkla verebildiği için yükseltgenir ve yükseltgenme ürünü olarak karboksilik asitleri oluşturur. Yükseltgen madde olarak $KMnO_4$ veya $K_2Cr_2O_7$ bileşiklerinin asitli çözeltileri kullanılır.



Aldehitler, Ag^+ ve Cu^{2+} gibi zayıf yükseltgenlerle bile yükseltgenebilir. Bu yükseltgenmeler aldehitlerin tanınma tepkimeleri olarak bilinir. Bu tanınma tepkimeleri için Tollens ve Fehling ayıraçları kullanılır.

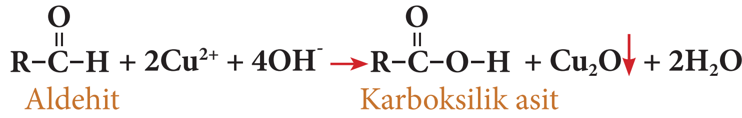
Tollens ayıracı amonyaklı gümüş nitrat çözeltisidir. Bu çözelti bazı aldehitlere sıcakta, bazılarına da soğukta etki ederek

aldehitleri karboksilik asitlere yükseltger. Bu esnada Ag^+ iyonları da elementel gümüşe indirgenir. Tepkimenin gerçekleştiği, cam kabın iç yüzeyine yapışan elementel gümüşten anlaşılır. Cam kap dıştan bakıldığında ayna gibi olduğu için gümüş aynası olarak adlandırılır.



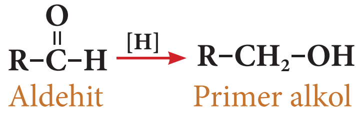
Aldehit — Karboksilik asit

Fehling ayıracı, koyu mavi renkli kompleks bir moleküldür. Fehling ayıracının aldehitlerle tepkimesinde aldehit karboksilik aside yükseltgenirken Cu^{2+} iyonları da Cu^+ iyonlarına indirgenir ve kırmızı renkli Cu_2O çökeleği oluşur. Mavi renkli Fehling çözeltisinin renginin kırmızıya dönmesiyle tepkimenin gerçekleştiği anlaşılır.

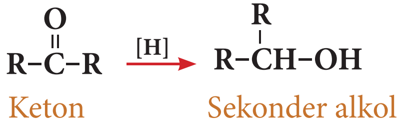


Aldehit — Karboksilik asit

Aldehit ve ketonların her ikisi de indirgenme tepkimesi verir. Aldehitler, nikel (Ni) veya platin (Pt) katalizörlüğünde ve basınç altında H_2 ile indirgenerek primer alkollere, ketonlar ise sekonder alkollere dönüşür. Karbonil bileşiklerinin indirgenmesinde hidrojen kaynağı olarak en yaygın kullanılan metal hidrürler, lityum alüminyum hidrür ($LiAlH_4$) ve sodyum bor hidrürdür ($NaBH_4$).



Aldehit — Primer alkol



Keton — Sekonder alkol

Bir Hatırlatma

Kimyasal tepkime denklemlerinde tepkime oku üstündeki [H] ifadesi indirgenmeyi gösterir.

3.5.5. Aldehit ve Ketonların Kullanım Alanları

Aldehit ve ketonların birçoğu hoş kokulu moleküllerdir. Özellikle büyük moleküllü aldehitler hoş kokuları nedeniyle parfüm yapımında kullanılır. Meyvelere tat ve bitkilere koku veren maddeler çoğunlukla aldehitlerdir. Bademin kendine özgü kokusunu sağlayan benzaldehittir. Sinnamaldehit tarçına, vanilin ise vanilyaya kokusunu veren aldehit bileşiğidir. Sakızlara hoş koku ve tat vermesi için ketonlar kullanılır.

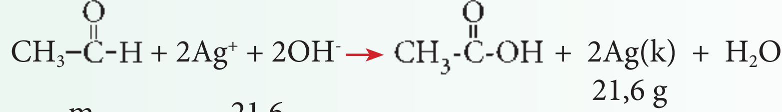
En küçük aldehit olan formaldehit bir gazdır. Formaldehitin sulu çözeltisi formalin; dezenfektan ve koruyucu olarak ayrıca anatomik doku ve organların saklanmasında kullanılır. En basit keton olan aseton da pek çok madde için iyi bir çözücüdür. Aseton; reçine, boya ve oje gibi maddeleri çözer.

Örnek

Asetaldehit ve aseton karışımının 1 molü yeterince Tollens ayıracından geçirildiğinde 21,6 gram metalik gümüş oluşmaktadır. Buna göre karışımdaki aseton kaç gramdır? (C_3H_6O: 58 g/mol, Ag:108g/mol)

Çözüm

Aldehitler Tollens ayıracı ile tepkime verir fakat ketonlar tepkime vermez.



$$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H + 2Ag^{+} + 2OH^{-} \rightarrow CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + 2Ag(k) + H_2O$$

21,6 g

$$n = \frac{m}{M_A} \qquad n = \frac{21,6}{108} = 0,2 \text{ mol}$$

Tepkimeye göre 0,2 mol Ag katısı oluşması için 0,1 mol aset aldehit harcanmalıdır. Karışımın mol sayısından asetaldehitin mol sayısı çıkarıldığında asetonun mol sayısı bulunur.

1-0,1 = 0,9 mol (Asetonun mol sayısı)

$$n = \frac{m}{M_A} \qquad 0,9 = \frac{m}{58}$$ m= 52,2 gram (Karışımdaki asetonun kütlesi)

Alıştırma

1. Organik bir bileşik için şu bilgiler veriliyor:
- Fehling ayıracı ile yükseltgenme tepkimesi verir.
- 0,5 molünün yanmasından 1,5 mol CO_2 gazı açığa çıkar.

Bu bilgilere göre bileşiğin adını ve açık formülünü yazınız.

2. Formaldehit ve bütanon karışımının 0,5 molü yeterince Fehling çözeltisi ile reaksiyona girdiğinde 28,8 gram çökelti oluşmaktadır. Buna göre karışımdaki bütanonun mol sayısını bulunuz.
(O:16 g/mol, Cu: 64 g/mol)



GÖZÜN KİMYASI

İnsanlar, görme olayının nasıl meydana geldiğini nadiren merak eder ve düşünür. Ancak görme olayı, ışığın moleküler değişiklikleri nasıl üretebileceğinin muhteşem bir örneğidir.

Işık, hayatın devamı için gerekli en önemli kaynaklardandır. Değişik dalga boylarına sahip olan ışık, fotoreseptör adı verilen özel sinir hücreleri ile algılanır. Dolayısıyla görme olayı, ışık enerjisinin sinir iletimine dönüştüğü fotokimyasal bir olaydır.

Işık enerjisi, kimyasal molekülleri farklı formlara dönüştürebilir. Işık, göz retinasında (ağ tabaka) bulunan koni ve çubuk hücrelerinde sinirsel bir uyarı oluşturur. Çubuk hücrelerde kırmızımtırak renkte ve az ışıkta görmeyi sağlayan rodopsin adlı pigment vardır. Işıkla uyarılan rodopsin, parçalanarak skotopsin adlı bir proteine ve 11-cis retinal adlı bir aldehite dönüşür. Daha sonra cis retinalin geometrisi değişir ve trans retinal adı verilen aldehit oluşur. Oluşan bu aldehit tekrar cis retinale dönüşür ve skotopsinle birleşerek rodopsini meydana getirir. Trans retinalin bir kısmı vücutta A vitamini olarak da depolanabilir. A vitamini de 11-cis retinale dönüşüp skotopsin proteiniyle rodopsini oluşturur. A vitamini ve retinal arasındaki karşılıklı dönüşüm, ağ tabakanın farklı ışık şiddetlerine uzun süreli uyum sağlamasında özellikle önemlidir. A vitamini, havuç gibi beta karoten içeren gıdaların vücutta oksitlenmesiyle de meydana gelir.

Bu parçalanma ve sentezlenme gözde aralıksız bir şekilde devam eder. Ancak göz sürekli ışık aldığında denge bozulur ve görmede zayıflamalar meydana gelir. Harcanan rodopsin miktarı sentezlenenden fazla olacağı için görme hassasiyeti azalır. Uzun süre aydınlıktan karanlığa veya karanlıktan aydınlığa geçişlerde gözün bu duruma uyum sağlaması gerekir. Bu esnada geçen süre, rodopsin ve retinal arasındaki dönüşümün tamamlanması için gereklidir. Ayrıca halk arasında tavuk karası olarak bilinen gece körlüğünün sebebi vücutta retinale dönüşecek uygun miktarda A vitamininin bulunmamasıdır. Bu nedenle beta karoten içeren gıdalar göz sağlığı açısından önemlidir.

Göz, görme olayının temel unsurudur ancak görme olayını, gözden gelen sinirsel verileri görüntüye çeviren beyin gerçekleştirir.

3.6. KARBOKSİLİK ASİTLER

Sirke (seyreltik asetik asit), yapısında şeker bulunan yaş veya kurutulmuş meyvelerin önce etil alkol, sonra asetik asit fermantasyonuna uğraması sonucu elde edilen bir üründür (Görsel 3.20). Yapılan arkeolojik araştırmalar, bu ürünün tarihinin çok eskilere dayandığını gösterir. Sümerlerin, Asurluların, Hititlerin, İranlıların, eski Mısırlıların ve eski Yunanların sirke yaptıkları hatta sadece sofralarda değil, birçok alanda sirkeyi kullandıkları bilinir. Tarih boyunca tarla işlerinde, avda, kara ve deniz seferlerinde serinletici bir içecek ve ilaç olarak kullanılan sirke, günümüzde de çok değişik alanlarda tüketilmektedir. Yemeklerde, salatalarda; turşu, mayonez, salça, salamura, hardal gibi bazı gıda maddelerinin hazırlanmasında ve konserve edilmesinde yararlanılan sirke antiseptik olarak da kullanılır.

Bu bölümde karboksilik asitlerin adlandırılması, özellikleri ve kullanım alanları ele alınacaktır.

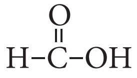


Görsel 3.20: Sirke

3.6.1. Karboksilik Asitler ve Sınıflandırılması

Karboksil grubu, karbonile bir hidroksil bağlanması ile oluşmuş bir gruptur. Yapısında bir veya daha fazla karboksil grubu (—C(=O)–O–H) bulunduran bileşiklere **karboksilik asit** denir.

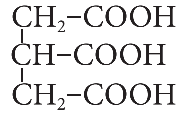
Karboksilik asitler oldukça geniş bir gruptur ve farklı şekillerde sınıflandırılır. Yapılarında bir karboksil grubu bulunan karboksilik asitlere **monokarboksilik asit** adı verilir. Bu asitlerin genel formülleri $\mathbf{C_nH_{2n}O_2}$ şeklindedir. Birden fazla karboksil grubu bulunduran karboksilik asitlere ise **polikarboksilik asit** denir. Polikarboksilik asitlerde iki karboksil grubu içerenler dikarboksilik asit, üç karboksil grubu içerenler trikarboksilik asit olarak sınıflandırılır.



Monokarboksilik asit



Dikarboksilik asit



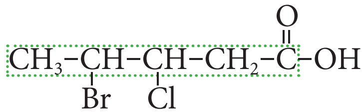
Trikarboksilik asit

Yapısında -NH_2 (amino) grubu bulunduran karboksilik asitlere **amino asit**, -OH grubu bulunduran asitlere ise **hidroksi asit** denir.

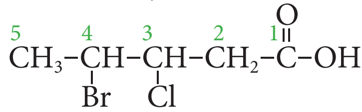
3.6.2. Karboksilik Asitlerin Adlandırılması

Karboksilik asitler IUPAC kurallarına göre adlandırılırken şu adımlar izlenir:

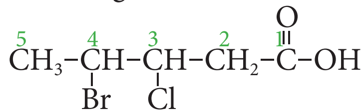
1. Karboksil grubunun bulunduğu en uzun karbon zinciri belirlenir.



2. Karboksil grubunun bulunduğu karbon atomunun numarası 1 olacak şekilde karbonlar numaralandırılır.



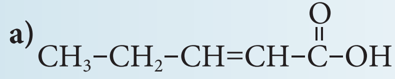
3. Zincire bağlı atom ve gruplar varsa bunların bağlı olduğu karbon atomunun numarası ile atom ya da grubun adı belirtilir. Karbon zincirine karşılık gelen alkanın adının sonuna -oik eki getirilir ve en sona asit kelimesi yazılır.

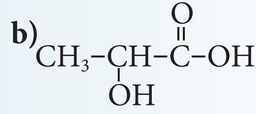


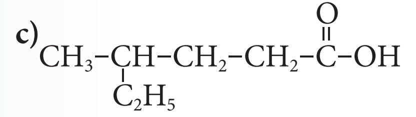
4-bromo -3-kloro pentanoik asit

Örnek

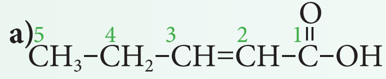
Aşağıdaki karboksilik asitleri IUPAC sistemine göre adlandırınız.

a) 

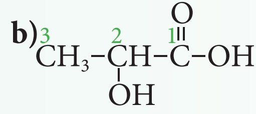
b) 

c) 

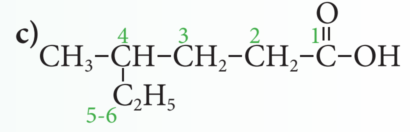
Çözüm

a) 

2-pentenoik asit

b) 

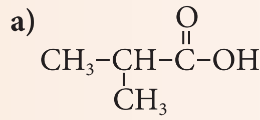
2-hidroksi propanoik asit

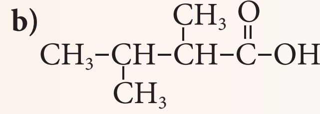
c) 

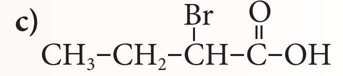
4-metil hekzanoik asit

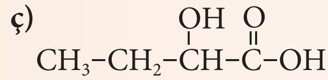
Alıştırma

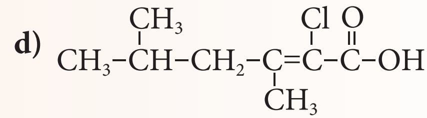
1. Aşağıda formülü verilen karboksilik asitlerin IUPAC adlarını yazınız.

a) 

b) 

c) 

ç) 

d) 

Bazı karboksilik asitlerin, IUPAC adlarının yanında özel adları da vardır (Tablo 3.7).

Tablo 3.7: Bazı karboksilik asitlerin özel adları ve formülleri

Karboksilik Asidin Formülü	Özel Adı
$H-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-OH$	Formik asit
$CH_3-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-OH$	Asetik asit
$C_6H_5-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-OH$	Benzoik asit
$C_6H_4(OH)-\overset{O}{\overset{\Vert}{C}}-OH$	Salisilik asit

3.6.3. Bazı Karboksilik Asitlerin Kullanım Alanları

Karıncalarda bulunması nedeniyle formik aside karınca asidi de denir. Formik asit ısırgan otu yapraklarında da bulunur. Sirke asidi olarak bilinen asetik asit birçok meyve ve bitki suyunda mevcuttur. Sitrik asit, limon asidi; malik asit, elma asidi olarak bilinir. Salisilik asit, bazı ağrı kesici ve ateş düşürücü ilaçlarda etken madde olarak görev alır. Ayrıca cilt sağlığı ve kozmetik alanında da sıklıkla kullanılır. Aromatik karboksilik asitlerin ilk üyesi olan benzoik asit doğada kiraz, tarçın, mantar, karanfil gibi gıdalarda bulunur. Benzoik asit gıdalarda küflenmeyi, mantar oluşumunu, bozulmayı engellediği için meyve suyu, reçel, ketçap gibi pek çok maddenin yapımında kullanılır. Fakat bu asidin suda çözünürlüğü azdır, bu nedenle benzoik asidin sodyum tuzu (sodyum benzoat) daha çok tercih edilir. Yetersiz beslenen insanlarda ve hamilelerde eksikliğine sıklıkla rastlanan folik asit; amino asit ve kan hücrelerinin yapımı için gereklidir. Ftalik asit aromatik dikarboksilik bir asittir. Bu asit, parfüm ve boya gibi ürünlerin üretiminde kullanılır.

3.6.4. Yağ Asitleri

Yüksek ve çift karbon sayılı karboksilik asitler bitki ve hayvanların yapısında bulunur. Bu karboksilik asitlere **yağ asitleri** de denir. Yağ asitleri yapılarında C=C bağı bulundurup bulundurmamasına göre doymuş ve doymamış yağ asitleri olarak sınıflandırılır. Moleküllerinde ikili bağ bulunduran karboksilik asitlere **doymamış yağ asitleri**, ikili bağ bulundurmayan karboksilik asitlere **doymuş yağ asitleri** denir. Asitteki ikili bağ sayısı arttıkça doymamışlık da artar.

Yağ asidinin yapısındaki ikili bağ sayısı arttıkça komşu moleküllerin bir araya gelerek katı hâl oluşturması engellenir ve yağın akışkanlığı artar. Pek çok yağ asidinin kaynağı hayvanlar, bitkiler ve bunlardan elde edilen ürünlerdir (Tablo 3.8).

Tablo 3.8: Bazı yağ asitleri ve bu yağ asitlerinin kaynakları

Molekül Formülü	Özel Adı	Kaynağı
C_3H_7-COOH	Bütirik asit	Tereyağı
$C_7H_{15}-COOH$	Kaprilik asit	Keçi
$C_{15}H_{31}-COOH$	Palmitik asit	Katı yağlar
$C_{17}H_{33}-COOH$	Oleik asit	Hayvanlar ve bitkiler
$C_{17}H_{35}-COOH$	Stearik asit	Hayvanlar ve bitkiler

3.6.5. Karboksilik Asitlerin Özellikleri

Küçük moleküllü karboksilik asitler keskin ve pis kokuludur. Terin, bozulmuş peynir ve tereyağının kokusu bu asitlerin açığa çıkmasından kaynaklanır. Karboksilik asitler polar maddelerdir. Bu moleküller birbirleriyle ve suyla kuvvetli hidrojen bağları oluşturur. Bu nedenle karboksilik asitler hemen hemen aynı molekül kütlesindeki eter, alkol ve hidrokarbonlardan daha yüksek erime ve kaynama noktasına sahiptir (Tablo 3.9).

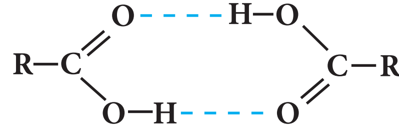
Biliyor musunuz?

Karboksilik asitler, insan vücudunda kanın pıhtılaşmasından astımın önlenmesine kadar çok geniş bir alanda görev yapmaktadır.

Tablo 3.9: Bazı karboksilik asit ve karbonil bileşiklerin kaynama noktaları

Bileşik Adı	Bileşik Formülü	Kaynama Noktası
2-bütanon	$CH_3\text{-}CH_2\text{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\Vert}}{C}\text{-}CH_3$	80 °C
2-bütanol	$CH_3\text{-}CH_2\text{-}\overset{\overset{\displaystyle OH}{\vert}}{C}H\text{-}CH_3$	99 °C
Propanoik asit	$C_2H_5\text{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\Vert}}{C}\text{-}OH$	141 °C

Alkoller de hidrojen bağı içerir. Fakat karboksilik asit molekülleri kendi içlerinde dimerleşerek birden fazla hidrojen bağı yaparlar. Bu nedenle karboksilik asitlerin erime ve kaynama noktaları alkollerden yüksektir.



Düşük molekül kütlesine sahip karboksilik asitler suda önemli ölçüde çözünür. Karboksilik asitlerin ilk dört üyesi su ile her oranda karışır. Karbon zinciri arttıkça sudaki çözünürlük azalır.

Alifatik ve küçük molekül kütleli karboksilik asitler sıvı, diğerleri ise genellikle katıdır.

Karboksilik asitler zayıf asitlerdir. Bu nedenle suda çözündüğünde belli bir dengeye kadar iyonlaşır. Karboksilik asitlerde karbon sayısı arttıkça karboksilde bulunan hidrojenin iyonlaşması zorlaşacağı için asitlik kuvveti azalır.

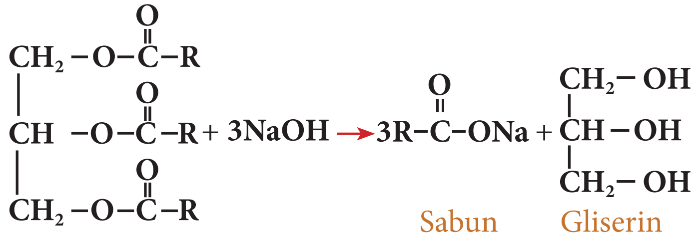


$$R\text{-}\overset{\overset{\displaystyle O}{\Vert}}{C}\text{-}O\text{-}H + H_2O \rightleftarrows RCOO^- + H_3O^+$$

Karboksilik asitler $LiAlH_4$ gibi kuvvetli indirgen maddeler ile önce aldehitleri, sonra primer alkolleri oluşturur.



Hayvanlarda ve bitkilerde bulunan uzun zincirli yağ asitlerinin gliserin ile yaptığı bileşiklere **yağ** denir. Yağlar bazlarla kaynatılırsa gliserin ve sabun meydana gelir (Görsel 3.21). Yaklaşık 2000 yıl önce Fenikeliler hayvansal yağları odun külü ile ısıtarak sabun yapmışlardır. Baz olarak NaOH kullanıldığında sert sabun (beyaz sabun), KOH kullanıldığında yumuşak sabun (arap sabunu) elde edilir.




Görsel 3.21: Sabun ve gliserin

3.7. ESTERLER

Sığla yağı, dünyada sadece Türkiye'nin güneybatısında sınırlı bir alanda bulunan Anadolu sığla ağacından (Görsel 3.22) elde edilir. Bu yağ, doğal bir ester olan balsamdır. Normal şartlarda ağacın gövdesinde bulunmayan bu balsam, ancak ağaçta meydana gelen bir yaralanma sonucunda ortaya çıkar. Sığla yağı çok eski dönemlerden beri bilinir. Eski Mısırlılar mumyaların hazırlanmasında sığla yağından yararlanmıştır ve bu yağ Kleopatra'nın güzellik iksiridir. Tıbbın babası olarak bilinen Hipokrates (Hipokrat) sığla yağını ilaç olarak kullanmıştır. Ekonomik açıdan da büyük önemi olan sığla yağı parfümeride, kozmetikte, sabun yapımında, eczacılıkta, ciklet ve tütünlerin kokulandırılmasında kullanılır.

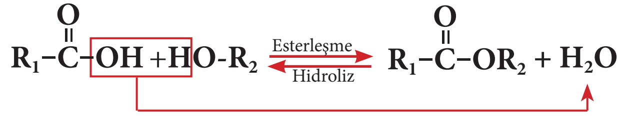
Bu bölümde esterlerin adları, formülleri ve kullanım alanları ele alınacaktır.



Görsel 3.22: Sığla ağacı

3.7.1. Esterler

Karboksilik asitlerle alkollerin asit katalizörlüğünde tepkimesinden esterler oluşur. Bu tepkimeye **esterleşme tepkimesi** denir.



Asetik asit ve etil alkol, kuvvetli bir asit eşliğinde 100 °C'ye kadar ısıtıldığında tepkime verir. Bu esterleşme tepkimesinin ürünü, hoş kokulu bir sıvı olan etil asetat ve sudur.

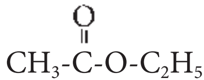


Ester oluşumu kondenzasyon tepkimesine bir örnektir. Bu tip bir tepkimede, iki molekül daha büyük bir molekülü oluşturmak üzere birleşir ve bu iki molekülün birleşiminden küçük bir molekül ayrılır. Esterleşme tepkimesinden ayrılan molekül sudur.

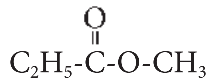
3.7.2. Esterlerin Adlandırılması

Esterler iki şekilde adlandırılır:

1. IUPAC kurallarına göre yapılan adlandırmada önce alkolden gelen alkil grubunun adı yazılır. Sonra asidin IUPAC ya da yaygın adındaki -ik asit yerine -at eki getirilir.

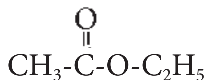


Etil asetat
Etil etanoat

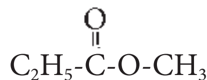


Metil propiyonat
Metil propanoat

2. Diğer adlandırmada ise önce asidin özel adı, sonra alkolden gelen alkil grubunun adı yazılır. En sona esteri kelimesi getirilerek adlandırma tamamlanır.



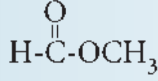
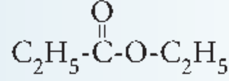
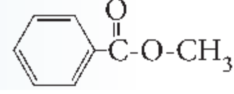
Asetik asit etil esteri



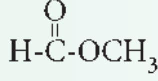
Propiyonik asit metil esteri

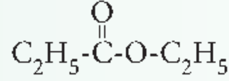
Örnek

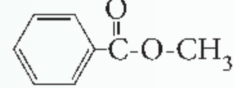
Aşağıdaki esterleri IUPAC sistemine göre adlandırınız.

Çözüm

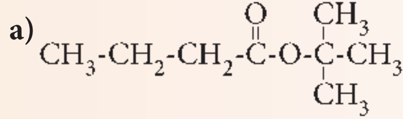

Metil metanoat

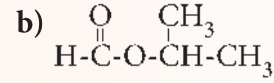

Etil propanoat

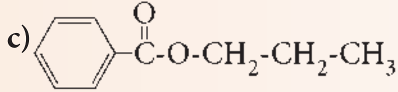

Metil benzoat

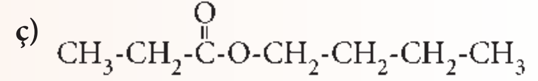
Alıştırma

Aşağıda formülü verilen esterlerin IUPAC adlarını yazınız.

a) 

b) 

c) 

ç) 

3.7.3. Esterlerin Özellikleri

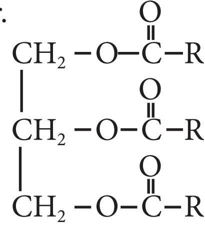
Esterler doğada en yaygın bulunan bileşiklerdendir. Düşük molekül ağırlıklı esterlerin kokuları bazı meyve ve çiçeklerin kokusuna benzer. Bu nedenle esterler sentetik çeşni üretiminde kullanılır.

Esterler polar maddelerdir fakat esterlerin oksijen atomuna bağlı hidrojenleri olmadığı için kendi molekülleri arasında hidrojen bağı oluşmaz. Bunun sonucu olarak esterlerin erime ve kaynama noktası aynı molekül kütleli asit ve alkollere göre daha düşüktür. Molekül kütlesi küçük olan esterler suda çözünür. Esterlerin molekül kütlesi arttıkça sudaki çözünürlükleri azalır.

Esterler NaOH ve KOH gibi bazlarla tepkimeye girerek karboksilik asit tuzlarını ve alkolleri oluşturur. Bu tepkime sabunlaşma tepkimesi olarak bilinir. Çünkü karboksilik asit tuzları sabundur.



Bir mol gliserinle üç mol yağ asidinden oluşan esterlere **trigliserit** ya da **yağ** denir.



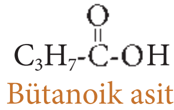
İkili bağ içermeyen yağ asitleri, doymuş yağların yapısında bulunur. Doymuş yağlar oda sıcaklığında katıdır. İkili bağ içeren yağ asitleri ise doymamış yağların yapısında bulunur. Doymamış yağlar oda sıcaklığında sıvıdır. Sıvı yağlar, katalitik hidrojenleme ile katı hâle (margarin) dönüştürülebilir (Görsel 3.23). Bu tepkimede hidrojen, doymamış trigliseritlerdeki ikili bağların bir kısmına katılır.

Aynı karbon sayısına sahip karboksilik asitler ve esterler birbirinin fonksiyonel grup izomeridir. Karboksilik asit ve esterlerin genel formülleri $\mathbf{C_nH_{2n}O_2}$ şeklindedir.

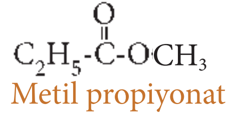
Bütanoik asit ve metil propiyonatın genel formülleri ise $\mathbf{C_4H_8O_2}$ şeklindedir. Kapalı formülleri aynı olmasına rağmen yapı formülleri farklı olduğu için bu iki bileşik birbirinin izomeridir.



Görsel 3.23: Margarin



Bütanoik asit



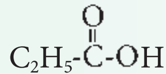
Metil propiyonat

Örnek

Metil etanoat esterinin fonksiyonel grup izomeri olan karboksilik asidin adını ve yapı formülünü yazınız.

Çözüm

$CH_3-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{C}-OCH_3$ metil etanoatın yapı formülüdür. Bu formül incelendiğinde bileşiğin üç karbon atomundan oluştuğu görülmektedir. Buna göre bu bileşiğin izomeri olan karboksilik asidin de üç karbon atomundan oluşması gerekir. Üç karbonlu karboksilik asit propiyonik asittir ve bu asidin yapı formülü şu şekildedir:



Alıştırma

Pentanoik asitle izomer olan düz zincirli esterlerin adını ve yapı formüllerini yazınız.

3.7.4. Yaygın Kullanılan Esterler

Uzun zincirli yağ asitlerinin uzun zincirli alifatik alkollerle yaptığı polar olmayan esterlere **mum** denir. Mumlar, genellikle bazı böceklerin salgılarında; hayvanların deri, kıl ve tüylerinde; bitkilerin yapraklarında, meyve ve meyve kabuklarında bulunur.

Hayvanlardaki yün, kıl ve tiftiğin etrafını saran yağlı tabakanın yapısında **lanolin** (yün yağı) denen mum yapılı maddeler bulunur. Koyun yününe uygulanan bir seri işlem sonucu elde edilen lanolin, kozmetik sanayisinde çokça kullanılır (Görsel 3.24).


Görsel 3.24: Koyun yününden elde edilen lanolin

Bal mumu; uzun karbon zincirli bir alkol, serbest yağ asidi ve hidrokarbon taşıyan kompleks bir esterdir. Arıların petek yapmak için salgıladığı yumuşak ve sarımsı bir maddedir (Görsel 3.25). Doğal olarak elde edilebilen bal mumu sanayide de üretilebilir. İlaç sanayisinde, mum üretiminde ve kozmetik alanında (krem yapımı) sıklıkla kullanılır.

Balsam, bazı çalı ve ağaçlardan sızan bir tür reçinedir (Görsel 3.26). Yapısında birçok asit ve ester bulunan balsam; sabun, şampuan, krem, parfüm imalatı ve ilaç endüstrisinde kullanılır.

Etil asetat, metil asetat, etil format gibi düşük molekül ağırlıklı esterler boyaların seyreltilmesi işleminde çözücü olarak kullanılır. Ayrıca büyük moleküllü esterlerden plastik üretiminde yararlanılır.


Görsel 3.26: Balsam


Görsel 3.25: Bal mumu

Deney
Sabun Eldesi

Amaç

Sabun oluşumunun gözlemlenmesi

Madde ve Malzemeler

- 2 adet 500 mL' lik beher
- 50 mL' lik mezür
- Cam baget
- Benmari ısıtıcı
- Cam huni
- Süzgeç kâğıdı
- Hassas terazi
- 25 gram sıvı yağ
- Sodyum klorür
- 6 gram sodyum hidroksit
- 15 mL etil alkol



Görsel 3.27: Deney malzemeleri

Deneyin Yapılışı

Deneye başlamadan önce ekip arkadaşlarınızla iş bölümü yaparak aşağıdaki adımları takip ediniz.

1. Beherlerden birine 25 gram yağ koyunuz ve yağın üzerine 15 mL etil alkol ekleyiniz.
2. 6 gram sodyum hidroksiti 25 mL suda çözünüz ve yağ-etil alkol karışımının üzerine ekleyiniz.
3. Oluşan karışımı sık sık karıştırarak bir saat buhar banyosunda ısıtınız.
4. Isıtma esnasında aşırı köpüklenme veya yoğunlaşma olursa %50'lik etil alkol su çözeltisini karışıma azar azar ekleyiniz.
5. Isıtma esnasında ayrı bir beherde 200 mL' lik doymuş sodyum klorür çözeltisi hazırlayınız.
6. Karışımı, ısıtma bittikten sonra 200 mL' lik doymuş sodyum klorür çözeltisine ekleyiniz.
7. Çöken sabunu süzerek kurumaya bırakınız.

Sorular

1. Sabun oluşumunun denklemini yazınız.
2. Karışımın NaCl çözeltisine eklenmesinin sebebi nedir?

Yorumlarınız

A) Aşağıdaki soruların cevaplarını boş bırakılan yerlere yazınız.

1. Genel formülleri C_nH_{2n} olan doymuş hidrokarbon sınıfına ne ad verilir?

2. Küçük moleküllerin uç uca eklenerek büyük molekülleri oluşturmasına ne ad verilir?

3. Alifatik bir hidrokarbonun katılma tepkimesi vermesi için yapısında hangi bağ olmalıdır?

4. İki benzen halkasının kaynaşmasından oluşan ve güve kovucu olarak kullanılan aromatik hidrokarbonun adı nedir?

5. Yağ asitleri ile tepkimeye girerek yağları oluşturan ve propantriol olarak da bilinen bileşiğin özel adı nedir?

6. Oksijen atomuna aynı iki alkil grubunun bağlanmasıyla oluşan molekülün genel adı nedir?

7. Proteinleri sertleştirip onların çürümesini önleyen bundan dolayı biyolojik örneklerin saklanmasında ve mumyacılıkta kullanılan aldehit hangisidir?

8. Amonyaklı gümüş nitrat çözeltisi ile gümüş aynası oluşturan bileşik grubunun adı nedir?

9. Yağ asitlerinin sodyum tuzlarına ne ad verilir?

10. Amonyaklı Cu_2Cl_2 çözeltisi ile çökelek oluşturmayan alkinlere ne ad verilir?

B) Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

11. Düz zincirli bir hidrokarbonun 17,4 gramının, yeteri kadar O_2 ile tepkimesinden 52,8 gram CO_2 gazı oluşuyor.
Bu hidrokarbonun molekül formülü nedir?
(C:12 g/mol H:1g/mol O:16 g/mol)

12. Teflonun $(CF_2\text{-}CF_2)_n$ ve polivinil klorürün $(CHCl\text{-}CH_2)_n$ monomerlerinin formülünü yazınız.

13. Bir alkene H_2SO_4 katalizörlüğünde 7,2 gram su katıldığında 24 gram alkol oluşmaktadır.
Bu alken kaç karbon atomu içerir?
(C:12 g/mol H:1 g/mol O:16 g/mol)

14. Öğretmeni Erdem'e dörder karbonlu iki hidrokarbonun şu ortak özelliklerini veriyor:
- Molekül kütleleri aynıdır.
- Kırmızı brom çözeltisini renksiz hâle getirir.
- Birbirlerinin geometrik izomeridir.

Öğretmeni Erdem'den bu bilgiler ışığında aşağıdaki soruları cevaplamasını istiyor.
a) Hidrokarbonların molekül formülleri nedir?
b) İki hidrokarbonu birbirinden ayırmak için nasıl bir yöntem izlenebilir?
Erdem'in vermesi gereken cevapları belirtiniz.

15. 3-hekzen molekülünün geometrik izomerlerini yazınız.

16. Eşit molde 1-bütin ve 2-bütin gazlarını içeren karışım, amonyaklı gümüş nitrat çözeltisinden geçirildiğinde 0,5 mol çökelek oluşuyor.
Buna göre karışım normal koşullarda kaç litre hacim kaplar?

17. Bir alkinin 8 gramı yandığında normal koşullarda13,44 litre CO_2 oluşmaktadır.
Buna göre bileşiğin formülünü bulunuz.
(H: 1 g/mol, C: 12 g/mol)

18. Bir sekonder alkol bileşiğinin 14,8 gramından 14,4 gram keton oluştuğuna göre keton bileşiğinin formülünü bulunuz.
(H: 1g/mol, C: 12 g/mol, O: 32g/mol)

19. Triol olduğu bilinen bir bileşiğin 0,4 molünün kütlesi 42,4 gramdır.
Bileşiğin kaç karbonlu olduğunu bulunuz.
(H: 1 g/mol, C: 12 g/mol, O: 16 g/mol)

20. Formaldehit ve aseton karışımının 2 molü yeterince Fehling çözeltisi ile reaksiyona girdiğinde 72 gram çökelek (Cu_2O) oluşuyor.
Buna göre karışımdaki aseton miktarı kaç gramdır?
(H: 1 g/mol, C: 12 g/mol, O: 16 g/mol, Cu: 64 g/mol)

21. Aşağıdaki bileşikleri kaynama noktalarına göre büyükten küçüğe göre sıralayarak bu sıralamanın nedenlerini yazınız.
a) CH_3-COOH
b) CH_3-O-CH_3
c) CH_3-CH_2-OH
ç) C_2H_6

22. Bütanoik asit ve metil alkolün tepkimesi sonucunda oluşan esterin molekül ağırlığını bulunuz.
(H: 1 g/mol, C: 12 g/mol, O: 16 g/mol)

23. Aşağıdaki tepkimelerden elde edilen maddeleri boşluklara yazınız.
a) Kalsiyum karbürün su ile tepkimesi sonucu....................oluşur.
b) Alkene su katılması sonucu.............................oluşur.
c) 1 mol alkol ve 1 mol karboksilik asitten 1mol su çekilmesi sonucu................oluşur.
ç) Amonyaklı gümüş nitrat çözeltisiyle aldehitin tepkimesi sonucu...................oluşur.
d) Glikozun zimas enzimi yardımıyla fermantasyonu sonucu.............oluşur.
e) Yağların NaOH ile hidrolizi sonucu.................oluşur.
f) Yağ asitlerinin gliserinle tepkimesi sonucu ....oluşur.

24. Öğretmeni Elif Beyza'dan izomer bileşiklerle ilgili bir sunum hazırlamasını istemiştir. Elif Beyza; genel formülleri aynı, yapı formülleri farklı olan bu bileşiklerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin de birbirinden farklı olduğu bilgilerini içeren bir sunum hazırlamıştır. Sunumda kullandığı şemalarda bazı yerleri boş bırakan Elif Beyza bu yerleri arkadaşlarının tamamlamasını istemiştir.
Buna göre boş bırakılan yerleri uygun ifadelerle tamamlayınız.

Genel formülü C_nH_{2n} olan bileşiklerden

a) .... alkol ham maddesi olarak kullanılır.

b) Yapısında pi bağı bulundurmayan bileşiklere .... denir.

Genel formülü C_nH_{2n-2} olan bileşiklerden

c) .... amonyaklı $AgNO_3$ çözeltisi ile beyaz çökelti oluşturur.

ç) Halka içermesine rağmen bromlu suyun rengini gideren bileşiklere .... denir.

Genel formülü $C_nH_{2n+2}O$ olan bileşiklerden

d) .... Na ve K metalleri ile alkolatları oluşturur.

e) .... hidrojen bağı yapmadığı için daha uçucudur.

Genel formülü $C_nH_{2n}O$ olan bileşiklerden

f) Yükseltgendiğinde karboksilik asitlere dönüşen bileşiklere .... denir.

g) .... Tollens ve Fehling ayıraçları ile tepkime vermez.

Genel formülü $C_nH_{2n}O_2$ olan bileşiklerden

ğ) .... kendi aralarında dimer yapı oluşturduğu için kaynama noktaları oldukça yüksektir.

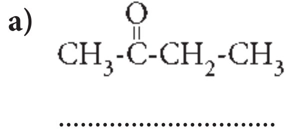
h) .... NaOH ile sabun oluşturur.

25. Aşağıdaki bileşik sınıflarını açık formülleri verilen moleküllerle eşleştiriniz.

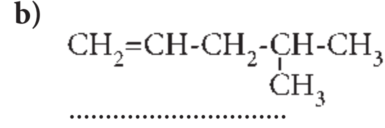
- Alkan
- Alken
- Alkin
- Aromatik

- Alkol
- Eter
- Aldehit
- Keton

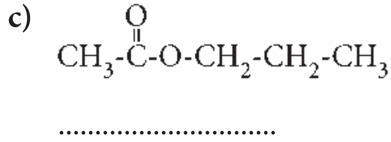
- Amin
- Karboksilik asit
- Ester
- Nitroalkan

a)


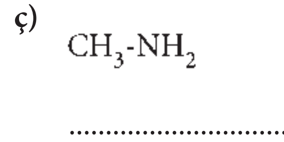
....

b)


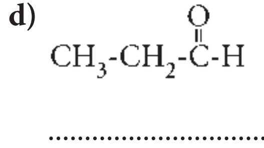
....

c)


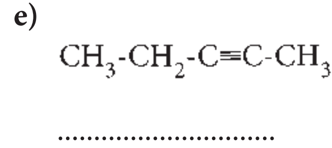
....

ç)


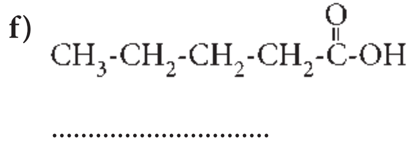
....

d)


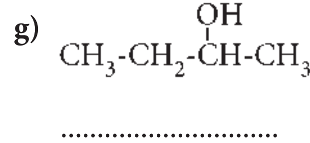
....

e)


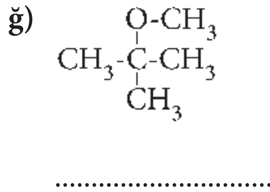
....

f)


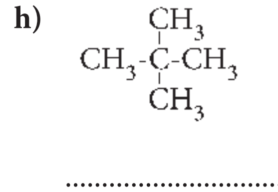
....

g)


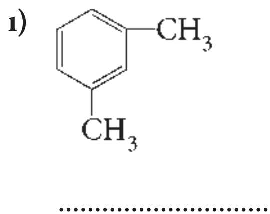
....

ğ)


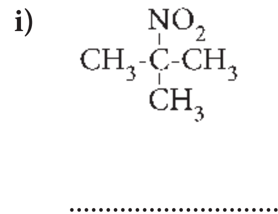
....

h)


....

ı)


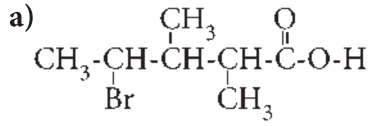
....

i)


....

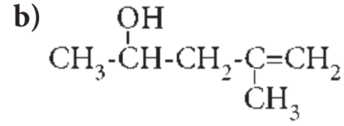
26. Aşağıda yapı formülleri verilen organik bileşiklerin IUPAC adlarını yazınız.

a)



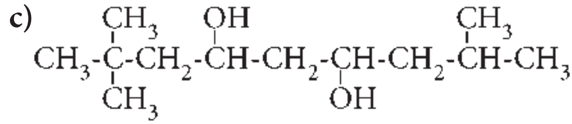
....

b)



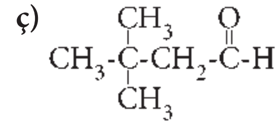
....

c)



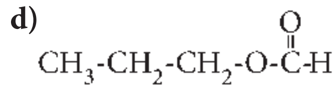
....

ç)



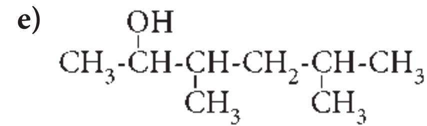
....

d)



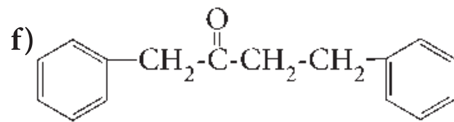
....

e)



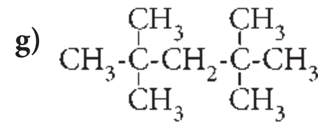
....

f)



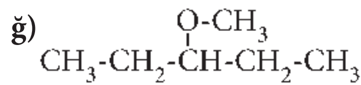
....

g)



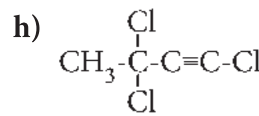
....

ğ)



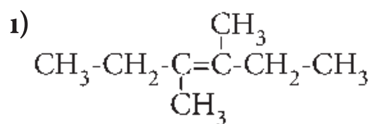
....

h)



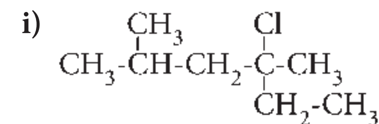
....

ı)



....

i)



....

Ölçme ve Değerlendirme

C) Aşağıdaki soruların doğru cevaplarını işaretleyiniz.

27. CH_3-CH_2-CH_2-CH-CH_3
with CH_2-CH_3 on the CH

Formülü verilen alkanın sistematik adı aşağıdakilerden hangisidir?

A) 1-metil-2-etil bütan
B) 1,3-dimetil pentan
C) 3-metil hekzan
D) 2-etil pentan
E) 3,5-dimetil pentan

28. Yapısında pi bağı bulunan alifatik hidrokarbonlar kırmızı renkli brom çözeltisini renksiz hâle getirir. Bir öğrenci laboratuvarda test tüpü içinde bulunan bir hidrokarbon izomerine brom çözeltisi ekliyor. Karışımı bir müddet çalkaladıktan sonra çözeltinin kırmızı renginin kaybolduğunu gözlemliyor. Öğrencinin bu gözlemine göre deneyde kullandığı hidrokarbonun ……I……. ve IUPAC adının ………II………… olduğu söylenebilir.

Bu parçada boş bırakılan yerlere sırasıyla aşağıdakilerden hangisi getirilebilir?

	I	II
A)	doymamış	sikloheptan
B)	doymuş	1-hepten
C)	doymuş	siklohepten
D)	doymamış	2-heptin
E)	doymuş	heptan

29. Doymuş hidrokarbonlarla ilgili verilen yargılardan hangisinin doğruluğu kesin değildir?

A) Karbon atomlarının hepsi 4 sigma bağı içerir.
B) Karbon atomlarının hepsi sp^3 hibritleşmesi yapar.
C) Kimyasal tepkimelere karşı ilgisizdir.
D) Genel formülleri C_nH_{2n+2} şeklindedir.
E) Yandığında CO_2 ve H_2O oluşturur.

30.
R_1 bağlı C üzerinde:
R_4-CH_2-C-CH_2-R_2
with CH_2-R_3 below the C

Yukarıdaki bileşiğin 3-metil, 3-etil hekzan olması için R_1, R_2, R_3 ve R_4 hangi alkil grupları olmalıdır?

A) Hepsi etil
B) Hepsi metil
C) R_1 ve R_2 metil, R_3 ve R_4 etil
D) R_1, R_2, R_3 metil, R_4 etil
E) R_1 ve R_2 etil, R_3 ve R_4 metil

31. Doymuş bir hidrokarbonun 0,5 molü yandığında 1 mol O_2 gazı harcanmaktadır.

Buna göre hidrokarbonun molekül formülü aşağıdakilerden hangisidir?

A) CH_4 B) C_2H_4 C) C_2H_6 D) C_3H_8 E) C_3H_6

32. Elma ve yeşil muz aynı kese kâğıdına konulduğunda elmanın yaydığı gaz muzun sararıp olgunlaşmasına yardımcı olur.

Hallerdeki muz sarartma tesislerinde de kullanılan bu gaz aşağıdakilerden hangisidir?

A) Metan B) Etilen C) Asetilen D) Propen E) Etan

33. CH_3-CH=CH_2 bileşiği ile ilgili

I. Cis-trans izomeri gösterir.

II. 2-propen olarak adlandırılır.

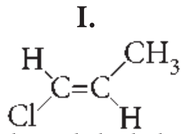
III. H_2 katılırsa propana dönüşür.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

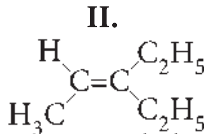
A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) I, II ve III

34.

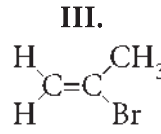
I.



II.



III.



Yukarıdaki bileşiklerden hangisi ya da hangileri cis-trans izomeri göstermez?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) II ve III

35. CH≡CH bileşiğine yeteri kadar H_2 katılarak elde edilen yeni ürün ile ilgili aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

A) Doymuş hidrokarbondur.
B) Karbon atomlarının hibritleşme türü değişir.
C) Pi bağları, sigma bağlarına dönüşür.
D) Bağ açıları değişmez.
E) Genel formülü değişir.

36. Asetilenin özellikleri ile ilgili

I. Bakır(I) klorürün amonyaklı çözeltisinden geçirilirse kırmızı renkli bakır asetilenür tuzu çöker.

II. Su ile tepkimesinden aldehit oluşur.

III. Bromlu suyu renksiz hâle getirir.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve III E) I, II ve III

37. Aşağıda verilen bileşik çiftlerinden hangisi birbirinin izomeri değildir?

A) 1-pentin / 2-pentin
B) pentan / 2,3-dimetil bütan
C) 3-metil pentan / n-hekzan
D) 2-bütin / 1,3-bütadien
E) siklobütan / 1-büten

38. 10 mol eten ve asetilen gaz karışımını tamamen doyurabilmek için 18 mol H_2 gazı harcanmaktadır.
Buna göre karışımın molce yüzde kaçı asetilendir?
A) 80 B) 60 C) 40 D) 30 E) 20

39.
- 0,1 molü yandığında 0,2 mol CO_2 oluşuyor.
- Bromlu suyu renksiz hâle getirmesine rağmen CuCl ile tepkime vermiyor.

Özellikleri verilen hidrokarbonun formülü aşağıdakilerden hangisidir?
A) C_2H_6 B) $C_3H_4Br_2$ C) C_2H_4 D) C_2H_2 E) C_3H_6

40. **I.** Pentin
II. Etilen
III. Asetilen
Verilen bileşiklere, uygun şartlarda H_2O katılırsa oluşan ürünlerin genel adı aşağıdakilerden hangisi olur?

	I	II	III
A)	keton	alkol	aldehit
B)	keton	alkol	alkol
C)	aldehit	alkol	keton
D)	aldehit	alkol	aldehit
E)	keton	aldehit	aldehit

41. Hidrokarbonların kullanım alanları ile ilgili verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?

Hidrokarbon	Kullanım Alanı
A) Alkanlar	Yakıt
B) Alkenler	Polimer bileşiklerinin sentezi
C) Asetilen	Kaynak yapımı
D) Toluen	Boya ve vernik sanayisi (çözücü)
E) Naftalin	Gıda aroması

42. Organik bileşiklerle ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi doğrudur?
A) 2-metil-2-büten ve siklobütan aynı molekül formülüne sahiptir.
B) $CH_3{-}NH_2$ bileşiğinin fonksiyonel grubu aminodur.
C) $CH_3{-}CH_2{-}OH$ bileşiği bir eterdir.
D) Eterler ve esterler birbirinin fonksiyonel grup izomeridir.
E) Ketonların yükseltgenmesi sonucu karboksilik asitler oluşur.

43. Metan molekülündeki hidrojen, güneş ışığı yardımıyla klor atomuyla yer değiştirir.
Bu tepkime sonucunda oluşan bileşik hangi fonksiyonel gruba dâhildir?
A) Karbonil
B) Karboksil
C) Amino
D) Alkil halojenür
E) Alkol

44. Aşağıdaki alkollerden hangisinin kaynama noktası <u>en yüksektir</u>?

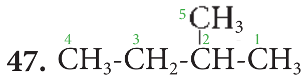
A) 2-metil-2-propanol
B) 1- bütanol
C) 2-bütanol
D) Etanol
E) Metanol

45. 2-3 dimetil-1-pentanol bileşiğinde kaç hidrojen atomu vardır?

A) 12
B) 15
C) 18
D) 20
E) 16

46. Aşağıdaki bileşiklerden hangisi ikincil alkoldür?

A) Etanol
B) Siklobütanol
C) 2-metil-2-bütanol
D) Metanol
E) 1,4-bütandiol

47.


Bu bileşikte yer alan karbon atomlarındaki bir hidrojen atomuyla hidroksil yer değiştirecektir. **Oluşan bileşikle ilgili aşağıdakilerden hangisi <u>söylenemez?</u>**

A) 1 numaralı karbonda gerçekleşirse primer alkol oluşur.
B) 2 numaralı karbonda gerçekleşirse tersiyer alkol oluşur.
C) 3 numaralı karbonda gerçekleşirse sekonder alkol oluşur.
D) 4 numaralı karbonda gerçekleşirse primer alkol oluşur.
E) 5 numaralı karbonda gerçekleşirse tersiyer alkol oluşur

48. Etil alkolle ilgili verilen

I. Dezenfektan özelliği vardır.
II. Glikozun zimas enzimi yardımıyla fermantasyonundan elde edilir.
III. Dietil eter ile izomerdir.

yargılardan hangisi veya hangileri <u>yanlıştır?</u>

A) I, II ve III B) II ve III C) I ve III D) Yalnız III E) Yalnız I

49. C_6H_5OH bileşiği ile ilgili verilen yargılardan hangisi <u>yanlıştır?</u>

A) Fenil alkoldür.
B) Zayıf asidik özellik gösterir.
C) Dezenfektan olarak kullanılır.
D) Aromatik bileşiktir.
E) Özel adı fenoldür.

50. Eterlerin kaynama noktasının alkollere göre düşük olmasının sebebi aşağıdakilerden hangisidir?

A) Eter molekülleri arasındaki van der Walls kuvvetlerinin zayıf olması
B) Eter molekülleri arasında hidrojen bağının bulunmaması
C) Eterlerin iyonlaşamaması
D) Eterlerin kimyasal olarak aktif olmaması
E) Eterlerin molekül kütlesinin düşük olması

51. Aynı karbon sayısına sahip aşağıdaki bileşiklerden hangisinin kaynama noktası en yüksektir?

A) Propanol
B) Metoksi etan
C) Propan
D) Propen
E) Propanal

52. **I.** Etanol
II. Etan
III. Dimetil eter

Verilen organik bileşiklerin sudaki çözünürlüklerine göre büyükten küçüğe sıralaması aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

A) III > II > I
B) I > II > III
C) II > III > I
D) III > I > II
E) I > III > II

53. Aşağıdaki alkol ve eter çiftlerinden hangisi birbirinin fonksiyonel grup izomeridir?

A) Metanol / metoksi metan
B) 2-metil-2-propanol / metoksi etan
C) 2-metil-2-bütanol / 2-etoksi-2-metil bütan
D) 3-metil-3-hekzanol / 2-etoksi pentan
E) Etanol / dietil eter

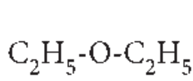
54. 2-metoksi bütan bileşiği ile ilgili

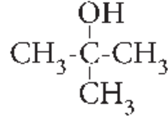
I. Asimetrik eterdir.
II. Bütanol ile izomerdir.
III. Molekülleri arasında hidrojen bağı gözlenir.

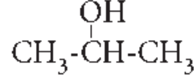
yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) II ve III E) I, II ve III

55.







I. **II.** **III.**

Yukarıdaki bileşiklerden hangisi ya da hangileri yükseltgenemez?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) II ve III E) I, II ve III

56. Aldehit ve ketonlarla ilgili

I. Karbonil grubu (>C=O) içerir.
II. Yükseltgen özellik gösterir.
III. $C_nH_{2n}O$ genel formülü ile gösterilir.
IV. Tollens ve Fehling çözeltilerine etki eder.

yargılarından hangisi ya da hangileri ortak özelliktir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III D) I, II ve III E) I, II, III ve IV

57.
- Genel formülü $C_nH_{2n}O$ şeklindedir.
- İzomeri olan keton yoktur.
- Amonyaklı gümüş nitrat çözeltisi yardımıyla karboksilik asitlere yükseltgenir.

Yukarıdaki özellikleri gösteren organik bileşiğe ilişkin

I. Aldehittir.
II. Sekonder alkolün yükseltgenmesinden elde edilir.
III. Karbon sayısı üçten azdır.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) I ve II C) II ve III D) I ve III E) I, II ve III

58. X bileşiği ile ilgili

- Yapısında karbonil grubu bulunur.
- Amonyaklı $AgNO_3$ çözeltisi ile tepkime verir.
- 0,1 molünün yanmasından 8,96 litre CO_2 gazı açığa çıkar.

bilgileri veriliyor.

Buna göre X bileşiği aşağıdakilerden hangisi olabilir?

A) CH_3-CH_2-C(=O)-CH_3

B) CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-H

C) $CH_3-CH_2-C\equiv CH$

D) C_2H_5-O-C_2H_5

E) CH_3-CH_2-C(=O)-H

59. Yağların yapısında bulunan organik asitlere yağ asitleri denir.
Yağ asitleri ile ilgili verilen bilgilerden hangisi <u>yanlıştır?</u>
A) Çift sayıda karbon atomu içerir.
B) Sıvı yağlar, doymamış yağ asidi içerir.
C) Katı yağlar, doymuş yağ asidi içerir.
D) Yağ asidi tuzlarına sabun denir.
E) Yağ asitleriyle gliserin mumları oluşturur.

60. Aşağıdaki organik asitlerin hangisinin doğal kaynağı <u>yanlış</u> verilmiştir?

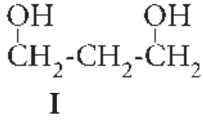
Asit	Doğal Kaynak
A) Formik asit	Isırgan otu
B) Malik asit	Elma
C) Salisilik asit	Söğüt
D) Sitrik asit	Sirke
E) Folik asit	Çilek

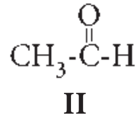
61. A: C_2H_5-COOH
B: CH_3-OH
Yukarıdaki bileşiklere ilişkin
I. Tepkimeleri sonucunda metil propiyonat oluşur.
II. Her ikisinin de indirgenmesi sonucu aldehit oluşur.
III. A bileşiği asit, B bileşiği baz özelliği gösterir.
yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?
A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve III E) II ve III

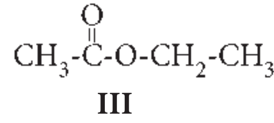
62. Aşağıdaki organik asitlerin hangisinin aynı sıcaklıkta eşit derişimli çözeltilerinin pH'ı <u>en küçüktür?</u>
A) H-COOH
B) C_2H_5-COOH
C) C_3H_7-COOH
D) C_4H_9-COOH
E) C_5H_{11}-COOH

63. $CH_3COOC_2H_5$ **bileşiğinin adlandırılması ile ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi <u>yanlıştır?</u>**
A) Etanoik asidin etil esteri
B) Asetik asidin etil esteri
C) Etil etanoat
D) Etil asetat
E) Etil bütanoat

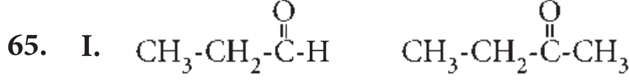
64. Aşağıdakilerden hangisi ya da hangileri sodyum metali ile tepkime verir?

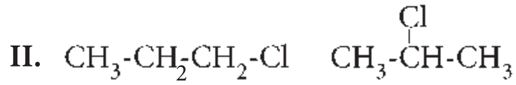


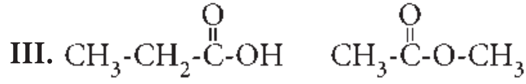




A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) II ve III

65. 





Yukarıdaki bileşik çiftlerinin hangisinde ya da hangilerinde fonksiyonel grup izomeri vardır?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) II ve III

66. 1 mol metil alkol ile 1 mol karboksilik asit arasından 1 mol su çekilerek oluşturulan ester 60 gramdır.

Buna göre tepkimede kullanılan karboksilik asidin karbon sayısı aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

(H: 1 g/mol, C: 12 g/mol, O: 16 g/mol)

A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5

4. ÜNİTE ENERJİ KAYNAKLARI VE BİLİMSEL GELİŞMELER

Anahtar Kavramlar

Biyokütle, Doğal gaz, Fosil yakıt, Ham petrol, Jeotermal, Kömür, Nanoteknoloji, Sürdürülebilirlik

Neler Öğrenilecek?

Bu ünitede fosil yakıtlar, alternatif enerji kaynakları, sürdürülebilirlik ve nanoteknoloji konuları öğrenilecektir.

Hazırlık Soruları

*Evinizde ne tür enerji kaynakları kullanıyorsunuz?
*Cep telefonunuzu şarj edememek size ne hissettirir?



4.1. ENERJİ KAYNAKLARI VE BİLİMSEL GELİŞMELER

Karbon-14, karbon elementinin üç doğal izotopundan biridir. Atmosferdeki ve canlıların yapısındaki karbon-14 izotopunun diğer karbon izotoplarına oranı genellikle değişmez. Ancak bu izotop radyoaktif olduğu için zamanla bozunur. Bu nedenle bir canlı öldüğünde canlının yapısındaki karbon-14 oranı azalmaya başlar. Karbon-14 izotopunun yarı ömrü ve atmosferdeki karbon-14 oranı bilindiği için ölü bir organizmanın yapısındaki karbon-14 oranı ölçülerek organizmanın yaşı belirlenebilir. Karbon-14 tarihlendirme yöntemi arkeolojik bulguların yaşının belirlenmesinde kullanılan en güvenilir yöntemlerden biridir. Önemli arkeolojik kalıntılardan biri olan Göbeklitepe'nin (Görsel 4.1) yaşı bu yöntemle tespit edilmiştir. Ancak yapılan araştırmalar fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkan karbon dioksidin atmosferdeki karbon-14 oranının azalmasına neden olduğunu ve yöntemin güvenilirliğini etkilediğini göstermektedir.

Organizmaların yapısındaki karbon-14'ün tamamı bozunduğu için fosil yakıtlar bu izotopu içermez. Bu nedenle fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkan karbon dioksit, atmosferdeki karbon-14 oranının düşmesine yol açar. Fosil yakıtların yanmasıyla birlikte atmosfere salınan karbon dioksit miktarı her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle bilim insanları, günümüzde karbon-14 tarihlendirme yöntemiyle 1000 yaşında olduğu belirlenen bir nesne ile 2050 yılındaki bir nesnenin karbon-14 oranının aynı olacağını öngörmektedir.

Bu bölümde fosil yakıtlar ve bu yakıtların çevreye verdiği zararlar ele alınacaktır.



Görsel 4.1: Göbeklitepe (MÖ 12 000)

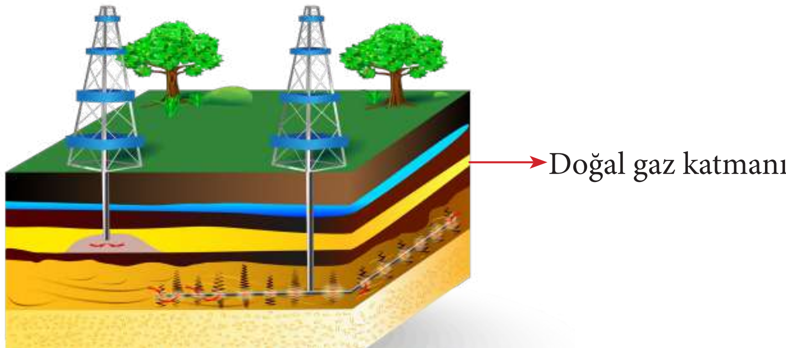
4.1.1. Fosil Yakıtlar

Doğada gerçekleşen tüm olaylar için enerjiye ihtiyaç duyulur. Örneğin suyun buharlaşması, yeşil bitkilerin fotosentez yapması, insanların yaşamsal faaliyetleri, otomobillerin hareketi, evlerin ve caddelerin aydınlatılması gibi olaylar için enerji gerekir. Dünyada kullanılan enerjinin çoğu tükenebilir enerji kaynaklarından sağlanır. Tükenebilir enerji, kısa zaman aralığında yerine konulamayan enerjidir ve genellikle petrol, doğal gaz, kömür gibi fosil yakıtlardan elde edilir. Fosil yakıtlar, güneş enerjisinin depolanmış hâlidir. Fosil yakıtlar, yaşamları milyonlarca yıl önce sona ermiş bitki ve hayvan kalıntılarının fiziksel ve kimyasal değişime uğramasıyla oluşur. Bu değişimde kalıntıların üzerindeki kayaçların yaptığı basınç ile yerkürenin içinden gelen ısı etkilidir.

Kömür; karbon, hidrojen, oksijen, azot, kükürt ve diğer mineralleri içeren organik bir kayaçtır. Kömür, bataklıklardaki bitkilerden ve bitki artıklarından oluşur. Bitki havasız ortamda bakteriler tarafından parçalanırsa (çürürse) oksijen ve hidrojen atomları bitkiden uzaklaşır, maddenin karbon içeriği zamanla artar. Bu olayın antrasit kömürüne kadar ulaşması yaklaşık 300 milyon yıl alır. İçerdiği karbon yüzdesine göre kömürler şu şekilde sıralanabilir:

Bataklık kömürü (turba)	: %60
Linyit	: %62-76
Taş kömürü	: %76-86
Antrasit kömür	: %91-99

Petrol ve doğal gaz ise farklı bir yolla oluşur. Denizin dibine çöken bitki ve hayvan artıkları bakterilerce bozunur, bu artıkların üzeri çamur ve kumla kaplanır. Kum ve çamur, zamanla kum taşına dönüşür. Kum taşı kayalarının uyguladığı basınç ve sıcaklık organik maddeleri petrol ve doğal gaza çevirir. Bu birikimin yaşı 250-500 milyon arasındadır. Doğal gaz, yer altında gözenekli kayaların boşluklarına sıkışmış olarak ya da petrol yataklarının üzerinde gaz hâlinde bulunur (Görsel 4.2). Doğal gaz yaklaşık %85 metan, %10 etan, %3 propan ve az miktarda diğer yanıcı ya da yanıcı olmayan madde içerir. Petrol ise 1 karbonludan 40 karbonluya kadar değişen yüzlerce farklı hidrokarbondan meydana gelir.



Görsel 4.2: Petrol ve doğal gaz

Bir Hatırlatma

Ekzotermik tepkimelerde ısı açığa çıkar. Bu durumu ifade etmek için yanma ısısının önüne eksi işareti (-) konulur.

Yakıtlar yanma ısılarına göre değerlendirilir. 1 gram madde yandığında açığa çıkan enerji, yakıt değeri olarak adlandırılır. Fosil yakıtlar diğer yakıtlara göre birim kütle başına daha fazla enerji verir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: Bazı maddelerin yanma ısıları

Madde	Yanma Isısı (kj/g)
Çam odunu	-21,2
Metanol	-22,7
Turba	-20,8
Taş kömürü	-28,3
Benzin	-47,8
Doğal gaz	-49,5

Kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlar günümüz sanayi toplumlarında refah ve zenginlik seviyesinin artmasındaki en önemli faktörler durumundadır. Ağır sanayi, makineleşme ve fabrikasyonda bu yakıtların etkinliği çok fazladır. Ancak tüm bu gelişmeler birtakım problemleri de beraberinde getirmiştir. Fosil yakıtların kullanımı sonrası ortaya çıkan en önemli sorun, bu yakıtların kısa vadede yenilenemez oluşu ve tükenebilirliğidir (Görsel 4.3). Bugün dünya enerji ihtiyacının %88'i fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Bunun %38'ini petrol, %30'unu kömür, %20'sini ise doğal gaz oluşturmaktadır. Dünya nüfusu ile birlikte tüketim hızının da artması mevcut fosil yakıt rezervlerini her geçen gün azaltmaktadır. Bu kaynakların miktarları azaldıkça ülke ekonomilerinin zor durumda kalması ve bu ülkelerin dışa bağımlı olması kaçınılmazdır. Dünyanın 1 yılda tükettiği fosil yakıtların oluşması 1 milyon yıl sürmektedir.


Petrol: 40 yıl


Kömür: 240 yıl


Doğal gaz: 60 yıl

Görsel 4.3: Fosil yakıt rezervlerinin tahminî tükenme süreleri

Fosil yakıt kullanımındaki bir diğer sorun bu yakıtların ekolojik dengeye verdiği zararlardır. Fosil yakıtlar yandığında açığa çıkan bazı gazlar asit yağmurlarına ve sera etkisine neden olur.

Bu etkiler günümüzde daha da hissedilir bir boyuta ulaşmıştır. Küresel bazdaki en önemli etki sera etkisi olarak görülmektedir. Fosil yakıtların yanma ürünlerinden biri olan CO_2 aslında havanın gerekli ve doğal bir bileşeni olup zehirli bir bileşik değildir. Bununla beraber atmosferdeki derişimi artan karbon dioksit gazı, güneş ışınlarını yerküreye doğal bir sera gibi hapsederek sıcaklık artışına yol açar. Her ne kadar bu sıcaklık artışı küçük değerlerde gerçekleşse de yerküre için önemli sonuçlar doğurur. Özellikle yerkürenin ısınması ve kutup bölgelerindeki buzulların erimesi, ekolojik dengede bozulmaya ve iklimlerde anormal değişimlere (kuraklık, fırtına, kasırga, aşırı yağış vb.) neden olur.

Çeşitli sanayi faaliyetlerinde ve ısınma amaçlı olarak kullanılan fosil yakıtlar, bu yakıtlara dayalı olarak enerji üreten termik santraller ve egzoz gazları havayı kirletir. Atmosfere kükürt dioksidi (SO_2), azot oksitleri (NO_x), hidrokarbonları ve partikül maddeleri yayar. Havada 2-7 gün asılı kalabilen bu kirleticiler, su molekülleri ile tepkimeye girerek asit meydana getirir ve yağmurlarla birleşerek yeryüzüne asit yağmurları olarak iner. Asit yağmurları, göl ve akarsularda asit dengesini bozarak tüm canlıları etkiler hatta bazı türlerin yok olmasına neden olur. En büyük etki ormanlar üzerinde görülür. Asidik yağışlar, ağaçların yapraklarındaki büyüme ve gelişmeyi engeller (Görsel 4.4). Toprağın yapısını bozar, toprak içindeki bitki köklerinin hastalanmasına ve toprağa can veren mikroorganizmaların ölmesine yol açar. Asit yağmurları canlılara zarar vermekle kalmaz, taşınmaz kültür varlıklarını da olumsuz yönde etkiler. Örneğin kent içi ya da kent dışındaki tarihî binalar, açık hava müzeleri, binlerce yıllık antik kentlere ait yapılar asit yağmurlarıyla yıpranıp zarar görebilir.



EBA ortamındaki fosil yakıtlar konulu ders içeriği için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.



Görsel 4.4: Asit yağmurlarının neden olduğu tahribat

Asit yağmurlarının etkisini azaltmak için şu tedbirler alınmalıdır:

- Sanayide fosil yakıtlar yerine kükürt ve azot içermeyen doğal gaz, güneş enerjisi veya jeotermal enerji tercih edilmelidir.
- Yeşil alanlar artırılmalı ve orman yangınları engellenmelidir.
- Toplu taşıma araçları yaygınlaştırılmalıdır.
- Kalorisi düşük olan ve havayı daha çok kirleten kaçak kömürlerin kullanımı engellenmelidir.
- Sanayi tesislerinin bacalarına filtre takılması sağlanmalıdır.
- Bacalar ve soba boruları her yıl temizlenmelidir.

Havadaki karbon tozları, katı parçacıklar, doymamış hidrokarbonlar, aldehitler, karbon monoksit, kükürt dioksit ve diğer kanserojen maddeler insanlarda nefes darlığı ve akciğer kanseri gibi solunum yolu hastalıklarına yol açar (Görsel 4.5).



Görsel 4.5: Hava kirliliği akciğer rahatsızlıklarına yol açar.



ÖDEV

Fosil yakıtların çevreye verdiği zararları arkadaşlarınızla araştırarak elde ettiğiniz sonuçları ve çözüm önerilerinizi sınıfta tartışınız.

4.2. ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI

Elektrikli araçlar, enerji verimlilikleri ve çevre dostu olmaları nedeniyle her geçen gün daha fazla insan tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Ancak şarj olabilmesi için belli bir zamana ihtiyaç duyulması ve şarj istasyonlarının yetersizliği, bu araçların yaygınlaşmasını engelleyen önemli bir sorundur. Bu araçların şarj olması için kullanılan elektrik enerjisinin çoğunlukla fosil yakıtlardan elde edilmesi ise ayrı bir problemdir. Bilim insanları, bu araçların şarj olabilmesi için gerekli enerjinin tamamının yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesi amacıyla umut vadeden bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemde araç bataryalarını güneş pilleriyle doğrudan şarj edebilme imkânı doğmuştur. Elektrikli araçların kullanımında, uzun mesafe seyahatlerdeki şarj problemi sınırlayıcı bir etkendir. Güneş pillerini doğrudan bataryaya bağlama yöntemi sayesinde şarj probleminin ortadan kalkacağı ve bu araçların daha çok insan tarafından tercih edileceği öngörülmektedir.

Bu bölümde alternatif enerji kaynakları ve nükleer enerji konusu ele alınacaktır (Görsel 4.6).



Görsel 4.6: Rüzgâr türbinleri ve güneş panelleri

4.2.1. Alternatif Enerji Kaynakları

Fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan karbon dioksit, kükürt dioksit, azot oksit gibi kirletici atıklar doğaya ve insan sağlığına ciddi zararlar vermektedir. Bununla birlikte dünya üzerinde fosil yakıt rezervlerinin hızla tükeniyor olması insanoğlunun yeni enerji kaynaklarına ilgisini artırmaktadır.

Doğanın kendi döngüsü içinde aynı şekilde kalabilen enerji kaynaklarına **alternatif**, **yenilenebilir** veya **temiz enerji kaynakları** denir. Bu enerji kaynaklarının en büyük özellikleri zararlı gazların emisyonunu azaltarak çevrenin korunmasına yardımcı olması, enerjide dışa bağımlılığın azalmasına katkı sağlaması ve tükenmemesidir. Bu özelliklerinden dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. En önemli yenilenebilir enerji kaynakları Güneş, rüzgâr, biyokütle, hidrojen ve jeotermaldir.

4.2.2. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, Güneş'in çekirdeğindeki hidrojen gazının helyuma dönüşmesiyle açığa çıkan ışıma enerjisidir. Bu enerjinin şiddetinin atmosferin dışında metrekareye 1,35 kW olduğu belirlenmiştir. 10 m^2 alandan elde edilen güneş enerjisi 1 kW civarındadır. Bu hesapla bir yılda Dünya'ya gelen güneş enerjisinin bilinen kömür rezervlerinin 50 katı büyüklüğünde olduğu anlaşılmıştır.

Güneş'ten gelen ışınlar yeryüzüne ısı ve ışık olarak ulaşır ve bu ışınlardan elektrik enerjisi elde edilebilir (Görsel 4.7). Güneş pilleri denen aygıtlar yardımıyla Güneş'ten gelen ışınlar elektrik enerjisine dönüştürülür. Güneş enerjisi yaklaşık yarım yüzyıldan beri güneş pilleri vasıtasıyla hesap makinesi, portatif radyo, cep telefonu, dizüstü bilgisayar gibi taşınabilir elektrikli cihazlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Güneş enerjisinden evsel ısıtma ve elektrik üretimi alanlarında da yararlanılır.

Güneş enerjisi kullanımının yeterince yaygınlaşmamasındaki en önemli sebep, güneş pillerinin kurulum ve bakım maliyetinin yüksek olmasıdır.



Görsel 4.7: Güneş panelleri

4.2.3. Rüzgâr Enerjisi

Güneş, yeryüzü ve atmosferi homojen olarak ısıtmaz. Bunun sonucunda basınç farkı ortaya çıkar. Basıncı fazla olan yerden az olan yere doğru oluşan hava akımına **rüzgâr** denir. Rüzgâr enerjisi doğal, yenilenebilir, temiz ve tükenmeyen bir güç olup bu enerjinin kaynağı Güneş'tir. Güneş'in Dünya'ya gönderdiği enerjinin %1-2 gibi küçük bir miktarı rüzgâr enerjisine dönüşür.

Rüzgâr enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek için yaygın olarak rüzgâr türbini denen pervaneli çok yüksek kuleler kullanılır. Rüzgâr türbinleri, rüzgâr enerji santrallerinin ana yapı elemanıdır. Bu türbinler hareket hâlindeki havanın kinetik enerjisini önce mekanik enerjiye, sonra da elektrik enerjisine dönüştürür. Rüzgârın kinetik enerjisi türbini döndürür ve bu türbinin hareket enerjisi bir jeneratör yardımı ile elektrik enerjisine çevrilir (Görsel 4.8). Rüzgâr enerjisi, günümüzde kullanımı ve yapım teknolojisi en çok gelişen enerji kaynaklarından biridir.



Görsel 4.8: Rüzgâr türbinleri

Rüzgâr enerjisi uygulamalarında yatırım maliyetinin yüksek, kapasite faktörlerinin düşük oluşu ve değişken enerji üretimi gibi dezavantajlar vardır.

4.2.4. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen 1500'lü yıllarda keşfedilmiş, 1700'lü yıllarda bu gazın yanabilme özelliğinin farkına varılmıştır. Evrende en çok bulunan elementtir. Hidrojen; havadan hafif, renksiz, kokusuz ve zehirsiz bir gazdır. Bu gaz, doğada serbest hâlde değil, bileşikler hâlinde bulunur. En çok bilinen bileşiği ise sudur. Hidrojen geleceğin alternatif enerji kaynaklarındandır. Hidrojenden enerji elde edilirken sadece su buharı oluşur, kirletici ve sera etkisini artırıcı herhangi bir gaz çevreye salınmaz.

Hidrojenin üretim kaynakları bol ve çeşitlidir. Günümüzde hidrojen, ağırlıklı olarak doğal gazdan buhar reformasyonu sonucu elde edilir. Suyun elektroliziyle hidrojen elde etmek bilinen bir yöntem olmakla beraber ekonomik değildir.

Hidrojen petrole göre 4 kat fazla hacim kaplar. Hidrojenin kapladığı hacmi küçültmek için hidrojeni sıvı hâlde depolamak gerekir. Bunun için de yüksek basınca ve soğutma işlemine ihtiyaç vardır. Sıvılaştırılmış hidrojen yüksek basınç altında çelik tüpler içinde depolanabilir. Bu yöntem orta veya küçük ölçekte depolama için çok kullanılmakla birlikte büyük miktarlar için oldukça pahalıdır.

Hidrojen kimyasal olarak metallerde, alaşımlarda ve yarı metallerde hidrür olarak depolanabilir. Metal hidrürlerde hidrojen depolama uygun bir yöntem olmasına karşın metallerin kütleleri ciddi sorun olarak ortaya çıkar. Özellikle son yıllarda yüksek depolama kapasiteleri nedeniyle bor hidrürler üzerinde yoğun olarak çalışılmaktadır.

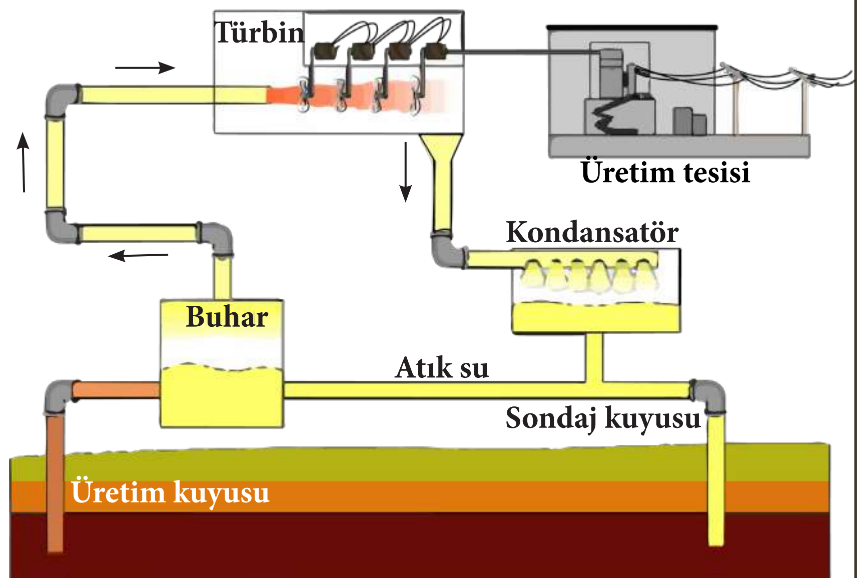
Sodyum borhidrür ($NaBH_4$), ticari olarak üretilip kullanılan bor hidrürlerin en önemlisidir. Bu madde iyi bir hidrojen taşıyıcısı ve depolayıcısı olarak bilinir. Yanıcı ve patlayıcı olmayan sodyum borhidrür çevreye dost bir üründür. Araçlarda yük ve yolcu taşıma yeri açısından problem yaratmaz. Bu gibi özelliklerinden dolayı hidrojenin depolanması konusunda diğer yöntemlere göre avantajlı durumdadır. Sodyum borhidrür, gelecek yıllarda hidrojenin yakıt olarak kullanılmasının yaygınlaşması ile birlikte enerji alanında önemli bir ürün hâline gelecektir. Hidrojeni depolama özelliğinin yanı sıra yakıt pillerinde doğrudan yakıt olarak da kullanılabilir.


Görsel 4.9: Bor minerali

Dünyadaki 600 milyon ton bor rezervinin 3/4'ünün Türkiye'de bulunduğu düşünüldüğünde bu sistemlerin ülkemiz için önemi ortaya çıkmaktadır (Görsel 4.9).

4.2.5. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yerkürenin çeşitli katmanlarında basınç altında sıkışarak birikmiş buhar, gaz, sıcak su, kızgın toprak ve kaya parçalarının sahip olduğu ısı enerjisidir. Yer altı ısısı olarak da adlandırılan jeotermal enerjinin temel kullanım alanı kaplıcalardır. Jeotermal enerjiden kaynağın sıcaklığına bağlı olarak ısıtma uygulamalarında ya da elektrik enerjisi üretiminde yararlanılır. Yüksek sıcaklığa sahip jeotermal kaynakların bir diğer kullanım alanı da elektrik üretimidir. Aşırı derecede ısınmış su buharı, yapılan sondajlarla yeryüzüne çıkarılır ve buhar türbinlerinin dönmesi sağlanır. Buhar türbinlerinin hareket enerjisi, jeneratörler yardımı ile elektrik enerjisine dönüştürülür (Görsel 4.10). Kısmen soğuyan buhar ise yoğunlaştırılarak bölgedeki konutları ve seraları ısıtmak için kullanılır.



Görsel 4.10: Jeotermal enerjinin elektrik enerjisine dönüşümü

4.2.6. Biyokütle

Hızlı bir artış gösteren nüfus ve sanayileşme enerji ihtiyacını da beraberinde getirmiştir. Enerjinin çevresel kirliliğe yol açmadan sürdürülebilir biçimde sağlanabilmesi için kullanılacak kaynakların başında ise biyokütle enerjisi gelir.

Biyokütle enerjisi; tükenmez bir kaynak olması, her yerde elde edilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyoekonomik gelişmelere yardımcı olması gibi nedenlerle önemli bir enerji kaynağıdır.

Yeşil bitkilerin, güneş enerjisini fotosentez yolu ile kimyasal enerjiye dönüştürerek depolaması sonucu oluşan biyolojik kütleye ve buna bağlı organik madde kaynaklarına **biyokütle** denir. Biyokütleden biyodizel, biyoetanol ve biyogaz elde edilir. Biyodizel ve biyoetanol araçlarda yakıt olarak kullanılabilir. Biyogaz özel tesislerde yakılarak ısı ve elektrik enerjisi elde edilir .

Organik madde içeren atıkların mikrobiyolojik yönden değerlendirilmesi hem çevre kirliliğine yol açmaması hem de temiz enerji üretimi sağlaması bakımından önemlidir.

Enerji üretiminde kullanılabilecek biyokütle kaynaklarını bitkisel kaynaklar (ayçiçeği, soya fasulyesi, bazı yağlı tohumlar, patates, mısır, buğday…), hayvansal atıklar, şehir ve endüstri atıkları şeklinde sınıflandırmak mümkündür (Görsel 4.11).



Görsel 4.11: Biyokütle kaynakları

ÖDEV

Enerji kaynaklarının avantaj ve dezavantajlarını anlatan bir sunu hazırlayınız. Hazırladığınız sunuyu sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.



Turhan Nejat Veziroğlu

1924 yılında İstanbul'da doğan T. Nejat Veziroğlu ilk ve ortaokulu İzmir Karşıyaka'da, liseyi İstanbul Pertevniyal Lisesinde okumuştur. İstanbul Teknik Üniversitesinde başladığı yükseköğrenimine Londra Üniversitesinde devam eden Veziroğlu makine mühendisliği, ileri mühendislik ve ısı transferi konularında çalışmalar yapmıştır. 1951 yılında Türkiye'ye dönerek bir süre Toprak Mahsulleri Ofisinde ve özel sektörde çalışmıştır. 1962 yılında Miami Üniversitesinden gelen doçentlik teklifini kabul etmiştir. 2009 yılında Miami Üniversitesinde "emeritus profesör" unvanını alan Veziroğlu, bu üniversitede görevine devam etmektedir.

1962'den bu yana hidrojenle ilgili araştırmalar yapan Prof. Dr. T. Nejat Veziroğlu 1974 yılında Miami'de ilk büyük hidrojen konferansını düzenlemiştir. Konferansın açılış konuşmasında fosil yakıtların hızla tükendiğini ve bu yakıtların kullanımının çevreye ciddi zararlar verdiğini belirtmiştir. Bu duruma kalıcı çözüm olarak hidrojen enerji sistemlerini önermiş ve "hidrojen enerjisi" fikrini ortaya atan ilk bilim insanı olmuştur. 1976 yılından beri yayımlanan "Hidrojen Enerjisi" dergisinin editörlüğünü de yapan T. Nejat Veziroğlu, "yeryüzünde insanlığa en yararlı bilim insanı" ilan edilmiş, ortaya koyduğu "hidrojen ekonomisi" ve bunu gerçekleştirmek için yaptığı çalışmalardan dolayı 2000 yılında Nobel'e aday gösterilmiştir.

Hayatını hidrojen enerjisi üzerine yaptığı çalışmalara adayan Prof. Dr. T. Nejat Veziroğlu, bunun nedenini şu sözlerle ifade etmiştir: "Yeni enerji kaynakları arayacağız çünkü anlaşıldı ki petrol, kömür, doğal gaz tükenecek. Enstitünün adının başına "temiz enerji" koydum çünkü fosil yakıtların çevreye, şehirlere, insana verdiği zararları biliyorum. Temiz enerji kaynakları bulmamız gerekiyor. Güneş, rüzgâr, su, nükleer enerji, jeotermal enerji, bunlardan hiçbiri petrol ve doğal gaz gibi kullanışlı değil. Hiçbirini otomobile koyup otomobili süremezsiniz, uçağa koyup uçağı uçuramazsınız. Eğer biz bu yeni enerji kaynaklarından hidrojen üretirsek problemi çözeriz. Çünkü hidrojen en temiz ve randımanlı yakıttır."

Nejat Veziroğlu, hidrojen enerjisinin sağladığı imkânları bunlarla sınırlı görmemiş, onu ülkelerin ve dünyanın siyasi geleceğinde de belirleyici olarak değerlendirmiştir. Veziroğlu, hidrojen enerjisinin insanlık barışına sağlayacağı faydayı şu sözlerle dile getirmiştir: "Dünyadaki çatışma bölgelerinin enerji coğrafyaları üzerinde olduğunu herkes biliyor. Hidrojen sistemine geçilince enerji savaşları ortadan kalkacak. Çünkü her ülke kendi enerjisini kendi kaynaklarına dayanarak üretebilecek. Orta Doğu'yu, Orta Asya'yı ele geçirme stratejileri ortadan kalkacak, böylece petrol savaşlarına da gerek kalmayacak."

4.2.7. Nükleer Enerji

Büyük atomların (uranyum, plütonyum) parçalanması (fisyon) ya da küçük atomların (hidrojen) birleşmesi (füzyon) sonucu açığa çıkan enerjiye **nükleer enerji** denir. Nükleer santrallerde buhar üretmek için gereken enerji, uranyum atomlarının bölünmesi sonucu ortaya çıkan ısıdan sağlanır. Bu buhar yardımı ile türbin döndürülür. Buharın, türbinleri döndürmesiyle elektrik enerjisi üretilir. Nükleer santraller 1950'li yılların başlarından bu yana elektrik üretiminde kullanılmaktadır (Görsel 4.12).

Günümüzde nükleer santraller, kendilerine has özelliklerden dolayı ülkelerin tercih ettiği bir elektrik enerjisi kaynağıdır. Daha çevreci, güvenilir, ucuz, sürdürülebilir ve erişilebilir bir enerji kaynağına olan ihtiyaç, diğer alternatiflere göre nükleer santralleri ön plana çıkarmıştır. Nükleer santrallerin önem kazanmasını sağlayan özelliklerden bazıları şunlardır:

- Nükleer santraller iklim ve doğa koşullarından etkilenmeden sürekli elektrik üretimi gerçekleştirir.
- Nükleer santrallerde elektrik üretim maliyeti diğer kaynaklara göre çok düşüktür.
- Nükleer enerji üretimi, diğer enerji üretim yöntemleri gibi geniş kullanım alanı gerektirmez. Bu nedenle orman alanlarının yok edilmesi ya da verimli toprakların kaybolması gibi sorunlara yol açmaz.
- Nükleer santraller, işletme sırasında sera gazı salınımı yapmaz ve asit yağmurlarına sebep olmaz. Bu nedenle küresel ısınmayı önlemede ve çevreyi korumada önemli bir alternatiftir.

Nükleer reaktörlerden çıkan kullanılmış yakıt, yüksek radyoaktiviteye sahip birçok madde içerir. Bu atıkların insana ve çevreye zarar vermeden depolanması gerekir. Günümüzde radyoaktif atıklar, dayanıklı beton kulelerde veya yer altı depolarındaki sızdırmaz özel çelik kaplarda muhafaza edilmektedir.

Dünya genelinde elektrik enerjisinin %17'si nükleer enerji ile üretilmektedir. Gelişmekte olan ülkeler de nükleer enerjiye yatırımlar yapmaktadır. Ülkemizde de Mersin Akkuyu sahasında bir nükleer güç santralinin yapımına başlanmıştır. Bu santralin 2021 yılında elektrik üretmeye başlaması planlanmaktadır.



EBA ortamındaki nükleer enerji konulu ders içeriği için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.

Biliyor musunuz?

Bir paket sigaradaki radyasyon miktarı, bir yıl boyunca her gün 24 saat süreyle bir nükleer santralin kapısında oturan kişinin alacağı miktarın 20 katıdır.



Görsel 4.12: Nükleer santral

Biliyor musunuz?

Dört kişilik bir aile, hayatı boyunca elektrik ihtiyacını nükleer santralden karşılasa ortaya çıkacak atık miktarı bir golf topu kadardır.



ÖDEV

Nükleer santrale sahip ülkelerin, enerjilerinin ne kadarını bu santrallerden karşıladığını araştırınız.

4.3. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Tarım; toprak ve tohumu kullanarak bitkisel ve hayvansal ürünler elde etmek ve bu ürünlerden daha değerli mamuller üretmek için yapılan ekonomik faaliyettir. Doğada hazır bulduğu yiyeceklerle yaşamını sürdüren insanoğlu, toplumsal gelişimin belirli bir aşamasında tarımı keşfetmiş, hazır bulamadığı veya tükenen ürünleri üretmeye başlamıştır. Kimya biliminin gelişmesiyle tarımsal ürünlerin verimi de artmıştır. Ancak sentetik gübrelerin ve zirai ilaçların aşırı kullanımı toprağın ve suyun kirlenmesi sorununu ortaya çıkarmıştır. Bu sorunlarla baş etmek için yeni bir tarım yöntemi geliştirilmiştir. Topraksız ya da hidroponik tarım (Görsel 4.13) adı verilen bu yöntemde bitki, kapalı bir sistemde ve sulu besin ortamında yetiştirilir. Bu sistemde bitki besine doğrudan ulaştığı için bitkinin gelişimi topraklı tarıma göre daha hızlı olur. Topraksız tarımda gübre daha verimli kullanıldığı ve zirai ilaçlara ihtiyaç daha az olduğu için bu sistemin çevreye zararı da oldukça azdır. Bununla birlikte topraksız tarım enerji ve iş gücü tasarrufu da sağlar.

Bu bölümde sürdürülebilirlik, sürdürülebilir hayat ile kalkınmanın toplum ve çevre için önemi ele alınacaktır.



Görsel 4.13: Hidroponik tarım

4.3.1. Sürdürülebilir Kalkınma

İnsanoğlu yüzyıllar boyunca doğayı sınırsız bir kaynak olarak görmüş, hor kullanmış, kirletmiş ve çevre sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. 18. yüzyılda gerçekleşen sanayi devriminden bu yana insanlığın doğa üzerindeki dönüştürücü etkisi, kendi kontrolünün de dışına çıkmıştır. Bilimsel buluşların teknolojiye aktarılması ile ortaya çıkan yeni üretim biçimleri, yaratacağı etkilerin ve ortaya çıkaracağı sonuçların ne olacağı pek de bilinmeden hemen uygulamaya konulmuştur. Bu da hem toplumsal yaşamda hem de doğada o güne dek görülmemiş değişimlerin yaşanmasına neden olmuştur. Üstün tohum ırklarının bulunması, tarım ilaçları, makineli sulama teknikleri, yapay ürünlerle gübreleme ve benzeri yenilikler nedeniyle tarımsal üretimde artış yaşanmıştır. Bununla birlikte buhar makineleriyle yapılan kitlesel üretim eskiye göre bir bolluk yaratmış, kırsal nüfusun kentlere sanayi işçisi olarak akmasıyla kentler görülmedik biçimde büyümeye başlamıştır. Son dönemlerde insanın, çevresini değiştirme gücü ve hızı çok gelişmiştir. Üretim faaliyetlerinin bir sonucu olarak ortaya çıkan ve doğal süreçte yer almayan deterjanlar, zirai ilaçlar, yapay radyoizotoplar, plastikler, çeşitli toksik maddeler, gazlar, sentetik maddeler üretilmiş ve doğaya salınmıştır. Bunların sonucu olarak insanoğlu çevre sorunlarıyla karşı karşıya kalmıştır (Görsel 4.14).


Görsel 4.14: Çevre sorunları

Bir tarafta hızla artan nüfus, diğer tarafta ise tükenmekte olan doğal kaynakların varlığı insanlık için yeni çözüm arayışlarını zorunlu kılmıştır. Bu çerçevede ortaya konulan çözüm sürdürülebilir kalkınma anlayışıdır. Bu anlayış, doğal kaynakların tamamen tüketilmeden gelecek nesillere de aktarılmasının sağlanması olarak özetlenebilir. Doğal kaynakların sınırlı olduğu ve tükenebileceği gerçeği karşısında çevrenin korunması ve bu durumun süreklilik arz etmesi kaçınılmazdır.

Sürdürülebilir kalkınma, ilk kez 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonunca hazırlanan Brundtland (Brontlınd) Raporu'nda "Bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların gereksinimlerini karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılayan kalkınma" olarak tanımlanmış ve bu tarihten itibaren yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Sürdürülebilir kalkınma anlayışı, ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişme hedeflerinde ortak paydayı "sürdürülebilirlik" olarak belirlemiştir. Geleceği de sahiplenen bu ortak hedef, herkesin temel ihtiyaçlarının ve daha iyi bir hayata ilişkin beklentilerinin karşılanmasına imkân vermeye yöneliktir.


Görsel 4.15: Çevresel bozulma

Çevre ile sosyoekonomik gelişme arasındaki ilişkileri iyi kurgulanmamış bir kalkınma stratejisinin uygulanması, şu anki ihtiyaçları karşılayabilir ancak gelecekteki temel ihtiyaçların karşılanmasını tehlikeye sokabilir. Çünkü büyümenin hangi sınırdan sonra çevresel felaketlere yol açacağı kesin değildir ve çevresel bozulma çoğu zaman geri döndürülemez niteliktedir (Görsel 4.15). Bu nedenle ekonomik ve sosyal yapı ile çevre

etkileşiminin bütüncül bir şekilde değerlendirilerek bugünkü ve gelecekteki nesillerin kalkınmanın getirdiği fırsatlardan eşit bir şekilde yararlanmasının sağlanması, sürdürülebilir kalkınmanın temel felsefesini oluşturur.

İnsanoğlunun yaşamını devam ettirebilmesi için gerekli olan enerji politikaları oluşturulurken enerjinin sağlanacağı kaynaklar, bu kaynakların sürekliliği, üretim ve tüketimdeki verimlilik, çevresel etkiler gibi birçok faktör göz önünde bulundurulmalıdır. Küresel ısınma özellikle 21. yüzyılın bir çevre sorunudur. Küresel ısınmanın en önemli nedenlerinden biri, enerjinin üretilmesi ve tüketilmesindeki yanlışlıklardır. Bu nedenle gerek yeterli enerjiye gerekse çevresel anlamda sürdürülebilir bir geleceğe sahip olunabilmesi için enerjinin üretimi, tüketimi ve kaynağı kritik bir öneme sahiptir. Sürdürülebilirliğin sağlanabilmesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının önemli bir yeri vardır. Tüketim toplumlarındaki "kullan-at" anlayışı enerji tüketimine ve çevre kirliliğine neden olur. Bu yüzden sürdürülebilir bir ekonomide geri dönüşüm önemli bir yer tutar (Görsel 4.16).


Görsel 4.16: Sürdürülebilir çevre

Naylon, plastik ve teflon gibi polimerlerin bozunma sıcaklıkları yüksektir. Ayrıca bu maddeler ultraviyole (UV) ışınlarına ve doğadaki bakterilere karşı dayanıklıdır. Bu yüzden de uzun süre bozunmadan kalabilir. Doğaya atıldığında çevre kirliliğine neden olan bu maddelerin geri dönüşümleri çok önemlidir. Polimerlerin geri dönüşümü sayesinde doğaya zarar vermeden ve herhangi bir kirliliğe neden olmadan gelecek nesillere daha temiz ve yaşanabilir bir çevre bırakılabilir. Aynı zamanda atıkların geri dönüşümü ile ülke ekonomisine katkı sağlanarak enerji kazancı elde edilebilir.

Biliyor musunuz?

1 milyon adet 1 litrelik bulaşık deterjanı şişesi ile 120 kişinin, 1 milyon adet çamaşır suyu şişesi ile 654 kişinin 1 yıllık elektrik ihtiyacı karşılanabilir.

Atık karton ve kâğıtlar, yeni kâğıt üretiminde kullanılabilir. Kâğıdın tekrar kâğıt imalatında kullanılması hava kirliliğini %74 - %94, su kirliliğini %35, su kullanımını %45 azaltır. 1 ton atık kâğıdın kâğıt hamuruna katılmasıyla 8 ağacın kesilmesi önlenebilir. Atık kâğıt ve karton ambalajlar gıdadan tekstile, kozmetikten elektroniğe birçok sektörde kullanılabilir.

Ekonomik değeri en yüksek olan geri dönüşümlü malzemeler metallerdir. Ülkemizde her yıl 20 000 ton civarında metalin geri kazanımı sağlanmaktadır. Metallerin geri dönüşümü ile enerji tüketiminin %70'i, su kirliliğinin %60'ı, hava kirliliğinin %30'u önlenebilir. Kullanılmış alüminyumdan (Görsel 4.17) alüminyumun geri kazanımı, ham maddeden alüminyum üretimine göre %95 daha az enerji gerektirir. Bu yöntemle önemli oranda enerji kaynağı korunmuş olur .


Görsel 4.17: Alüminyum atıklar

Geri dönüşüm, yeryüzünde ve yer altında bulunan kaynakların korunması, hızla tüketilmemesi, enerji tasarrufu sağlanması ve atık miktarının azalması açısından son derece önemlidir.



ÖDEV

Evinizdeki günlük atıkları sınıflandırınız. Geri dönüşüme kazandıracağınız bir yıllık atıkla sağlayacağınız enerji tasarrufunu tahmin etmeye çalışınız.

4.4. NANOTEKNOLOJİ

Asya'daki çeşitli inanışlarda lotus bitkisi (Görsel 4.18) saflığın sembolü olarak kabul edilmiştir. Bunun nedeni, lotus bitkisinin kendi kendini temizleyebilme özelliğidir (lotus etkisi). Bu bitkinin yüzeyinde bulunan mikron ve nano seviyesindeki çukur ve tepecikli yapılar nedeniyle bitkinin yaprakları kesinlikle ıslanmaz. Su damlacıkları yaprağın eğimli şekli sayesinde toprağa doğru kayarken üzerindeki çamuru, küçük böcekleri ve diğer kirleri de beraberinde taşır. Bu nedenle çamurlu nehirlerde ve göllerde yetişmesine rağmen lotus bitkisinin yaprakları oldukça temizdir. Bilim insanları da lotus yaprağının bu özelliğini taklit ederek boyaların, kumaşların ve diğer pek çok yüzeyin hem kuru kalması hem de kendi kendini temizleyebilme özelliği kazanabilmesi için yeni yöntemler geliştirmektedir.

Bu konuda nanoteknoloji alanındaki gelişmeler; bilim, toplum, teknoloji, çevre ve ekonomi açısından ele alınacaktır.



Görsel 4.18: Lotus bitkisi

4.4.1. Nanoteknoloji

Nano, “bir fiziksel büyüklüğün bir milyarda biri” anlamına gelir. Bir nanometreyse (nm) metrenin milyarda birine eşit bir uzunluk birimidir. İnsan saç telinin çapının yaklaşık 100 000 nanometre olduğu düşünülürse ne kadar küçük bir ölçekten bahsedildiği daha rahat anlaşılır. 1 ile 100 nanometre aralığında çalışılarak geliştirilmiş fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklere sahip yapıların ortaya çıkarılmasına **nanoteknoloji** denir.

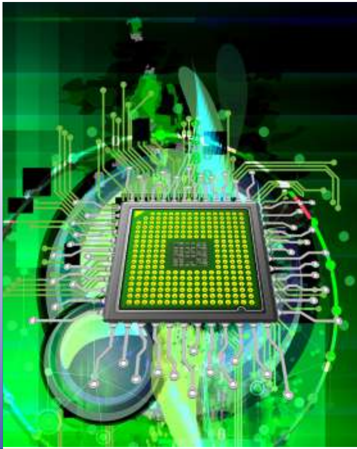

Görsel 4.19: Kanserli hücre teşhisi

Nanomalzemeler, aynı malzemelerin büyük parçacıkları ile karşılaştırıldığında boyuta bağlı olarak üstün ve yeni özellikler sergiler. Örneğin normalde kırılgan bir malzeme olan seramik, tanecik büyüklüğü nanometre değerine indirildiğinde kolaylıkla deforme olup şekillendirilebilir. 1 nm büyüklüğündeki altın tanesi kırmızı renkte görünür. Nanoyapının iletkenliği, o yapıya tek bir atom eklense bile değişebilir. Benzer şekilde, nanoölçeklerde atomlar arası bağ yapısı da değişikliğe uğrayabilir. Malzeme mekanik olarak güçlenirken ya da zayıflarken elektronik olarak malzemenin iletkenlik özelliği tümüyle değişebilir.

Nanoteknoloji sayesinde daha sağlam, kaliteli, uzun ömürlü, ucuz, hafif ve küçük cihazlar geliştirmek mümkündür. Minyatürleşme olarak tanımlanabilecek bu eğilim, birçok mühendislik çalışmasının temelini oluşturur. Nanoteknoloji sayesinde daha az malzeme ve enerji kullanılarak üretim gerçekleştirilebilir ve nakliye masrafları azaltılabilir.

Nanoteknolojinin sağlamış olduğu üstün özelliklerden yararlanılarak birçok alanda yeni ürünler elde edilebilir:

- **Tekstil ve Dokuma Endüstrisi:** Yüzeyi işlenmiş tekstil ürünleri, akıllı elbiseler, leke tutmayan kumaşlar
- **Kozmetik Uygulamaları:** Güneş koruyucuları, dudak ve deri kremleri, diş macunları
- **Gıda Endüstrisi:** Gıdaların güvenliği ve raf ömrünü kontrol altına alan paketleme malzemeleri, depolama sensörleri, katkı maddeleri
- **Otomotiv Endüstrisi:** Hafif yapı malzemeleri, boya kaplama malzemeleri
- **Sağlık Sektörü:** Başta kanser olmak üzere pek çok hastalığın erken tanı ve tedavisinde kullanılan nanotaşıyıcıların üretimi (Görsel 4.19)
- **Elektronik Endüstrisi:** Veri bellekleri, görüntüleyiciler, lazer diyotlar, cam fiberler, optik anahtarlar, filtreler (Görsel 4.20)
- **Yapı Endüstrisi:** Yapı malzemeleri, ısı izolasyonları, yanmayı geciktiren malzemeler, zemin döşeme malzemeleri
- **Enerji Sektörü:** Güneş pillerinin üretimi ve bakımı


Görsel 4.20: Elektronik endüstrisinde nanoteknoloji

Son yıllarda nanoteknoloji alanındaki hızlı gelişmeler bu teknoloji ürünlerinin günlük yaşantımıza daha fazla girmesine neden olmuştur. Bugün itibarıyla binlerce çeşit nanoteknoloji ürünü, günlük ürünler arasında yerini almıştır.

Bununla beraber nanomalzemeler her bakımdan büyük avantaj sağlarken bunların insan sağlığı ve çevre ile ilgili potansiyel etkileri hakkında çok az bilgi mevcuttur. Örneğin gümüş gibi iyi bilinen materyaller bile nanoboyuta indirgendiğinde tehlike doğurabilir. Bilim insanları, farklı türlerde tasarlanmış nanomalzemelere maruz kalmanın doğurduğu etkileri hâlen tam olarak tespit edebilmiş değildir. Nanopartiküllerin insan vücudunda en fazla etkilediği organ akciğerlerdir. Yüksek oranda nanopartiküllü hava soluyan insanların akciğer ve kalp-damar hastalıklarına yakalanma olasılığı yüksektir. Ayrıca bu bulguların iş ortamında nanomalzemelere maruz kalan işçilerle ilişkisi tam olarak ortaya konulmamıştır.

Nanoparçacıklar çevre için de sorun teşkil edebilir. Çünkü insan saç telinin elli binde biri civarında büyüklüğe sahip bu parçacıkların (Görsel 4.21) bir atık olarak tespit edilmesi ve filtrelenmesi oldukça zordur.

Gelecekte nanoteknolojinin daha yaygın kullanılması, insanların nanopartiküllerle daha fazla teması anlamına gelecektir. Bu nedenle nanopartiküllerin, insan sağlığı üzerine muhtemel olumsuz etkilerinin daha fazla araştırılması gerekir.



EBA ortamındaki nanoteknoloji konulu ders içeriği için karekodu akıllı cihazınıza okutunuz.



Görsel 4.21: Saç teli



ÖDEV

Nanomalzemelerin fayda ve zararlarını açıklayan bir sunu hazırlayınız. Hazırladığınız sunuyu sınıfta arkadaşlarınızla paylaşınız.

A) Aşağıdaki soruların cevaplarını boş bırakılan yerlere yazınız.

1. Tüketildikçe yerine yenisi konulamayan enerjiye ne denir?

2. Yanabilen organik kayalara ne ad verilir?

3. Ham petrol, bileşenlerine ayrılırken hangi değişim gerçekleşir?

4. Doğal gazın ana bileşeni olan gaz hangisidir?

5. Bir yakıtın birim kütlesinin tam olarak yakılması sonucu açığa çıkan ısıya ne ad verilir?

6. Dünyada doğal döngü içerisinde devamlı oluşan enerjilere ne ad verilir?

7. Magma tabakasına yakın yer altı suları, buhar ve gazın sahip olduğu enerjiye ne ad verilir?

8. Enerji elde edilebilir nitelikteki bitkisel kaynaklara, hayvansal ve endüstriyel atıklara ne denir?

9. Hidrojenin taşınması ve depolanmasında en iyi sonucu veren bor minerali hangisidir?

10. Doğal kaynakların tüketilmeden gelecek nesillere aktarılması anlayışı hangi kavramla açıklanabilir?

B) Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

11. Atmosferde sera gazları olmasaydı dünya nasıl bir yer olurdu?

12. Bir doğal gaz numunesi molce %85 CH_4, %10 C_2H_6, %5 C_3H_8 içeriyor.
Bu gazın 20 litresi yakılırsa aynı koşullarda kaç litre CO_2 salınımı olur?

13. Benzinin bir bileşeni olan oktanın yanma denklemi



$C_8H_{18} + \frac{25}{2} O_2 \rightarrow 8CO_2 + 9H_2O$ Yanma ısısı: 47,8 kj/g

Doğal gazın bir bileşeni olan metanın yanma denklemi



$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ Yanma ısısı: 49,5 kj/g şeklindedir.

Yukarıda yanma denklemleri ve yanma ısıları verilen maddelerden hangisinin yakıt olarak kullanımı enerji ve çevre açısından daha avantajlıdır? Nedenleriyle açıklayınız.

14. Fosil yakıt kullanımı sonucu ortaya çıkan sorunlar nelerdir?

15. Asit yağmurlarının çevreye verdiği zararlar nelerdir?

16. Bir malzemenin üretimi sırasında nanoboyutta bir madde kullanılmasının avantaj ve dezavantajları nelerdir?

17. İnsanoğlu günlük enerji ihtiyacının büyük kısmını fosil yakıtlardan karşılamaktadır. Ancak bu yakıtlar yenilenebilir olmadığı için tüketim oranları, oluşumlarından çok daha hızlıdır. Bu nedenle mevcut tüketim oranında fosil yakıtların 40-50 yıl içinde biteceği ve sonuç olarak dünyanın ciddi bir petrol sıkıntısıyla karşı karşıya kalacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca fosil yakıtların kullanımı sonucu ortaya çıkan karbon dioksit salınımı, küresel iklim değişikliğine yol açarak tüm ekosisteme zarar vermektedir. Bilim insanları uzun süredir bu sorunu çözmek için araştırmalar yapmaktadır. Biyoyakıtlar bu sorun için ortaya konulan alternatiflerden biridir.

Aşağıdaki tabloda yakıt olarak kullanılan benzin ve etanolün sağladığı enerji ve saldığı CO_2 miktarları verilmiştir.

Yakıt Kaynağı	Salınan Enerji (kJ/g)	Salınan CO_2 (mg/kJ)
Benzin	47,8	78
Biyoetanol	29,7	59

Buna göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a) Biyoyakıt kullanılması karbon dioksit salınımını niçin fosil yakıtlar gibi artırmaz?

b) Benzin ve biyoetanol fiyatının aynı olduğu düşünüldüğünde benzinin tercih edilmesinin sebebi ne olabilir?

18. Osmangazi Köprüsü 2682 metrelik uzunluğuyla dünyadaki en uzun dördüncü asma köprüdür. İzmit Körfezi'nin iki yakasını birleştiren bu köprünün Gebze-İzmir arasındaki trafik yoğunluğunu %30 oranında azalttığı tespit edilmiştir.

Buna göre bu köprüyü kullanmayı tercih eden kişiler çevreye ne gibi katkıda bulunur?

19. Asit yağmurunun bir bileşeni olan NO_2 gazının oksijen ve su ile tepkimesinden nitrik asit oluşur.



$$4NO_2(g) + O_2(g) + 2H_2O(s) \rightarrow 4HNO_3(suda)$$

Standart bir ev termik santrallerde üretilen elektriği 1 yıl boyunca kullandığında yaklaşık 23 kg NO_2 gazı açığa çıkar.

O_2 ve H_2O moleküllerinden yeterli miktarda olduğu kabul edilirse bu NO_2 bileşiğinden kaç kg HNO_3 oluşur?

(H: 1 g/mol, N: 14 g/mol, O: 16 g/mol)

C) Aşağıdaki soruların doğru cevaplarını işaretleyiniz.

20. Fosil yakıtlarla ilgili olarak

I. Alternatif enerji kaynaklarıdır.
II. Asit yağmurlarına sebep olur.
III. Oluşumları milyonlarca yıl sürer.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) II ve III E) I, II ve III

21. Linyit, taş kömürü, turba, antrasit

Bu kömür türlerinin içerdiği karbon yüzdelerine göre büyükten küçüğe doğru sıralanışı aşağıdakilerden hangisidir?

A) Linyit > turba > antrasit > taş kömürü
B) Turba > linyit > taş kömürü > antrasit
C) Antrasit > taş kömürü > linyit > turba
D) Antrasit > linyit > turba > taş kömürü
E) Linyit > antrasit > taş kömürü > turba

22. Aşağıdakilerden hangisi kömürün yanması sonucu açığa çıkan zararlı gazlardan değildir?

A) NO B) SO_2 C) H_2O D) NO_2 E) CO_2

23. Genellikle bataklıklardaki bitki kalıntılarının bataklık suyuyla etkileşmesi sonucu oluşan maddelerin toprak altında uzun süre kalıp fiziksel ve kimyasal değişmeler göstermesiyle meydana gelen fosil yakıt ile ilgili

I. Rafinasyonu sonucu elde edilen ürünlerden biri otomobil yakıtı olarak kullanılabilir.
II. Oda koşullarında sıvı hâlde bulunur.
III. Oluşum süreci arttıkça içerdiği karbon oranı artar.

yargılarından hangisi ya da hangileri doğrudur?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve II E) II ve III

24. Aşağıdakilerden hangisi fosil yakıt kullanımı ile ilgili bir sorun değildir?

A) Sera gazlarına neden olma
B) İnsan sağlığına zarar verme
C) Asit yağmurlarına neden olma
D) Doğadaki miktarlarının azalması
E) Isı açığa çıkarması

25. Aşağıdakilerden hangisi fosil yakıt kullanımının bir sonucu değildir?

A) Su kaynaklarının kirlenmesi
B) Denizlerde su seviyesinin yükselmesi
C) Bitki ve hayvan türlerinin zarar görmesi
D) Buzulların erimesi
E) Havadaki O_2 miktarının artması

26. CO_2 gazı küresel ısınmaya neden olan ve sera etkisi yapan gazlardan biridir.
Aşağıdaki olaylardan hangisi atmosferdeki CO_2 miktarında artışa neden olmaz?
A) Çimento üretiminde $CaCO_3$ katısının ısıtılarak bozunması
B) Fosil yakıt kullanılması
C) Bitki örtüsünün yok olması
D) Nükleer enerjinin kullanılması
E) Sanayinin gelişmesi

27. Petrol ile ilgili olarak
I. Ham petrolün oluşum sürecinde doğal gaz oluşur.
II. Yüzlerce farklı hidrokarbondan oluşur.
III. Denizin dibine çöken bitki ve hayvan artıklarının bakterilerce bozunmasından oluşur.
verilen bilgilerden hangisi ya da hangileri doğrudur?
A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve III E) I, II ve III

28. Aşağıdakilerden hangisi çevre kirliliğini azaltmak için alınan önlemlerden biri değildir?
A) Geri dönüşüm ünitelerini azaltmak
B) Fabrika bacalarına filtre takmak
C) Alternatif enerji kaynaklarının kullanımına yönelmek
D) Ağaçlandırma çalışmalarını artırmak
E) Fosil yakıt tüketimini azaltmak

29. Aşağıdakilerden hangisi biyokütle enerjisi üretiminde kullanılamaz?
A) Mısır B) Plastik şişe C) Evsel atıklar D) Ayçiçeği E) Hayvansal atıklar

30. Enerjinin kesintisiz, güvenilir, zararsız ve dışa bağımlılığı azaltacak şekilde en az maliyetle üretilmesi esastır.
Buna göre aşağıdaki enerji türlerinden hangisinin kullanılması dışa bağımlılığı artırır?
A) Petrol B) Biyokütle C) Güneş D) Rüzgâr E) Jeotermal

31.
- Tükenme riski yoktur.
- Dışa bağımlı değildir.
- Kurulum maliyeti düşüktür.
- Gürültülü çalışmaları dezavantajlarıdır.
- Alternatif enerji kaynağıdır.

Yukarıda rüzgâr enerjisi ile ilgili verilen bilgilerden kaç tanesi doğrudur?
A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5

32. Aşağıdakilerden hangisi yenilenebilir enerji kaynaklarından değildir?
A) Güneş B) Rüzgâr C) Nükleer D) Jeotermal E) Biyokütle

33. Aşağıdakilerden hangisi nükleer santrallerde yakıt olarak kullanılan maddelerden biridir?
A) LPG B) Petrol C) Nafta D) Uranyum E) Doğal gaz

34. Güneş enerjisi ile ilgili olarak aşağıda verilenlerden hangisi yanlıştır?
A) Temiz enerji kaynağıdır.
B) Ham maddesi sonsuzdur.
C) Fotovoltaik piller yardımıyla elektrik enerjisi üretilir.
D) Kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır.
E) Dünyanın her bölgesinde yüksek verimle enerji elde edilebilir.

35. Biri nükleer biri termik olan iki santralin aynı miktarda elektrik ürettiği varsayıldığında aşağıdakilerden hangisi doğru olur?
A) Santrallerin iklim değişikliğine etkisi santrallerde kullanılan uranyum ve kömürün kalitesi ile ilgilidir.
B) Her iki santral de aynı oranda iklim değişikliğine yol açar.
C) Nükleer santralin iklim değişikliğine olan etkisi termik santrale göre daha azdır.
D) Nükleer santrallerden çıkan atığın herhangi bir zararı yoktur.
E) Termik santral nükleer santrale göre daha az sera gazı salınımı yapar.

36. Nükleer santrallerle ilgili aşağıda verilenlerden hangisi yanlıştır?
A) Yakıt olarak genellikle uranyum kullanılır.
B) Elde edilen enerji, diğer enerji kaynaklarına göre oldukça fazladır.
C) Atom çekirdeğinin parçalanmasından elde edilen enerjidir.
D) Sera gazı salınımına yol açar.
E) Çalışması iklim koşullarına bağlı değildir.

37. Dikkatli ve doğru kullanılmadığında çevre ve canlılar için en fazla risk taşıyan enerji türü aşağıdakilerden hangisidir?
A) Güneş enerjisi
B) Hidrojen enerjisi
C) Rüzgâr enerjisi
D) Nükleer enerji
E) Jeotermal enerji

38. **I.** ………….. sonucu oluşan enerji nükleer enerjidir.
II. Sodyum borhidrürün katalizör eşliğinde tepkimesi ile elde edilen enerji……………… enerjisidir.
III. ……………….. atıklardan elde edilen enerji biyokütle enerjisidir.

Yukarıda verilen bilgilerde boş bırakılan yerlere aşağıdakilerden hangisinin getirilmesi uygun olur?

	I	II	III
A)	Yer değiştirme tepkimesi	Hidrojen	Bitkisel
B)	Radyoaktif tepkime	Hidrojen	Bitkisel
C)	Hidroelektrik	Radyoaktif tepkime	Plastik
D)	Katılma tepkimesi	Güneş	Cam
E)	Radyoaktif tepkime	Bor	Sentetik

39. Havanın kinetik enerjisini mekanik enerjiye çevirerek elektrik üretilmesini sağlayan düzenek aşağıdakilerden hangisidir?
A) Pompa B) Akümülatör C) Türbin D) Pil E) Transformatör

40. Bir enerji kaynağı ile ilgili şu bilgiler veriliyor.

I. Ham madde bağımlısı değildir.
II. Doğayı kirletmez.
III. Yenilenebilir.

Buna göre bu enerji kaynağı aşağıdakilerden hangisidir?

A) Kömür B) Petrol C) Doğal gaz D) Nükleer enerji E) Rüzgâr enerjisi

41. **I.** Doğal gaz
II. Kömür
III. Güneş enerjisi

Numaralanmış enerji kaynaklarının çevreye verdiği zarara göre sıralaması aşağıdakilerden hangisidir?

A) II > I > III B) III > II > I C) I > II > III D) I = II = III E) III > I > II

42. Enerjide dışa bağımlılığın azalmasına katkı sağlamak için aşağıdakilerden hangisinin yapılması uygun <u>değildir</u>?

A) Nükleer enerji santrallerinin kurulması
B) Rüzgâr türbinlerinin yapılması
C) Güneş enerjisinden yararlanılması
D) Doğal gaz kullanımının teşvik edilmesi
E) Biyokütle enerjisinden yararlanılması

43. Rüzgâr enerjisi ile ilgili aşağıda verilen bilgilerden hangisi <u>yanlıştır</u>?

A) Kaynağı Güneş'tir.
B) İlk yatırım maliyeti yüksektir.
C) Karbon dioksit salınımı yapar.
D) Yenilenebilir enerji kaynağıdır.
E) Yakıt ihtiyacı duymaz.

44. **I.** Fosil yakıt kullanımının sınırlandırılması
II. Çevrenin korunması
III. Geri dönüşüme önem verilmesi

Numaralanmış ifadelerden hangisi ya da hangileri "sürdürülebilir kalkınma" **ile ilgilidir?**

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III D) I ve III E) I, II ve III

45. Aşağıdaki maddelerden hangisinin geri dönüşümü <u>yapılamaz</u>?

A) Selüloz içeren atıklar
B) Çinko piller
C) Plastik ürünler
D) Uranyum
E) Cam ürünler

46. Nanoteknoloji ile üretilen malzemeler hayatımızın her alanında yer almaktadır. Aşağıda bu yöntemle üretilen malzemeler ve bunların sektör alanları eşleştirilmiştir.
Buna göre aşağıdaki eşleştirmelerden hangisi yanlıştır?

A) Tekstil → Leke tutmayan kumaş üretimi
B) Gıda → Katkı maddesi üretimi
C) Sağlık → Kansere neden olan nanotaşıyıcı üretimi
D) Enerji → Güneş pili üretimi
E) Kozmetik → Çeşitli kremlerin üretimi

47. Hidrojen enerjisi çalışmaları ile tanınan ve "yeryüzünde insanlığa en yararlı bilim insanı" **ilan edilen Türk bilim insanı kimdir?**

A) Aziz Sancar
B) Turhan Nejat Veziroğlu
C) Cahit Arf
D) Mehmet Öz
E) Kâmile Şevki Mutlu

CEVAP ANAHTARI

1. ÜNİTE

Ünite İçi Alıştırmalar

Sayfa 16

a) 0 b) +7 c) +5 ç) +3 d) -3, +5 e) +4 f) +6 g) +6 ğ) +1

Sayfa 18

a) Redoks tepkimesidir. N → yükseltgen, O → indirgen
b) Redoks tepkimesi değildir.
c) Redoks tepkimesidir. O → yükseltgen, Al → indirgen
ç) Redoks tepkimesi değildir.
d) Redoks tepkimesidir. H → yükseltgen, N → indirgen

Sayfa 19

a) $4HgS + 4CaO \rightarrow 4Hg + CaSO_4 + 3CaS$
b) $Cl_2 + 2NaOH \rightarrow NaCl + NaClO + H_2O$
c) $As_4O_6 + 4Br_2 + 10H_2O \rightarrow 4H_3AsO_4 + 8HBr$
ç) $PbO_2 + 4HI \rightarrow PbI_2 + I_2 + 2H_2O$
d) $5SiO_2 + 2S + 4Al \rightarrow 2Al_2O_3 + 2SO_2 + 5Si$

Sayfa 22

a) $8H^+ + 8H_2O + 3P_4(k) + 20NO_3^-(suda) \rightarrow 12H_2PO_4^-(suda) + 20NO(g)$
b) $14H^+ + 5S_2O_3^{2-}\ (suda) + 8MnO_4^-(suda) \rightarrow 10SO_4^{2-}(suda) + 8Mn^{2+}(suda) + 7H_2O$

Sayfa 23

a) $4OH^- + 2ClO_2(suda) + Cl_2 \rightarrow 2ClO_3^-(suda) + 2Cl^-(suda) + 2H_2O$
b) $10OH^- + S_2O_3^{2-}(suda) + 4I_2(k) \rightarrow 8I^-(suda) + 2SO_4^{2-}(suda) + 5H_2O$

Sayfa 36

a) $Al(k)\ |\ Al^{3+}(suda,\ 1{,}0\ M)||Zn^{2+}(suda,\ 1{,}0\ M)|\ Zn(k)$
b) $Zn(k)\ |\ Zn^{2+}(suda,\ 1{,}0\ M)||Sn^{2+}(suda, 1{,}0\ M)|\ Sn(k)$
c) $Ni(k)\ |\ Ni^{2+}(suda,\ 1{,}0\ M)||Cu^{+}(suda, 1{,}0\ M)|\ Cu(k)$

Sayfa 39

a) $E^0 = +1{,}543\ V$ b) $E^0 = +1{,}412\ V$ c) $E^0 = +0{,}304\ V$

Sayfa 40

a) Cd > Ni > Sn
b) Kadmiyum metalinin aktifliği kalaydan büyük olduğu için kapta aşınma olur. Bu yüzden kapta $SnSO_4$ çözeltisi saklanamaz.

Sayfa 43

1. $3Cu(k) + 2Cr^{3+}\ (suda) \rightarrow 3Cu^{+2}(suda) + 2Cr(k)$ $E^0_{hücre} = -1{,}08$
   Sonuç negatif çıktığı için tepkime gerçekleşmez.
2. Nikel metalinin aktifliği Fe^{2+} iyonundan büyük olduğu için kapta aşınma olur. Bu yüzden Fe^{3+} çözeltisi nikelden yapılmış bir kapta saklanamaz.

Sayfa 44

a) $E^o_{hücre}$= +0,763 V b) $E_{hücre}$= +0,7038 V c) $E_{hücre}$= +0,6742 V

Sayfa 45

a) Tepkime ürünler yönünde hareket eder. Hücre potansiyeli artar.
b) Tepkime girenler yönünde hareket eder. Hücre potansiyeli azalır.
c) Tepkime girenler yönünde hareket eder. Hücre potansiyeli azalır.

Sayfa 46

$E_{hücre}$=+0,0395 V

Sayfa 54

a) 2,7 gram alüminyum b) 1,68 litre

Sayfa 55

3,55 gram

Sayfa 56

4,48 litre

Ölçme ve Değerlendirme Soruları

A)

1. Coulomb
2. Derişim hücresi
3. Galvanik hücre
4. Elektrolitik hücre
5. Anot
6. Katot
7. Anot
8. Tuz köprüsü
9. Yakıt pili
10. Korozyon

B)

11. Tepkime gerçekleşmez. Hidrojenin yükseltgenme eğilimi bakırdan daha yüksek olduğu için bakır metali hidrojene elektron veremez.

12. Y metalinin yükseltgenme eğilimi Z metalinden büyük olduğu için Y metali korozyona uğrar.

13. Spatülün yapıldığı metalin yükseltgenme eğilimi çözeltideki metalin yükseltgenme eğiliminden daha yüksektir. Bu nedenle sptatülde aşınma meydana gelir.

14. E_{ind}= 0,7892V

15. 56 gram

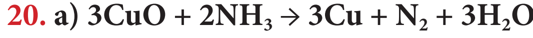
16.

Kabın Yapıldığı Metal	Kapta Saklanacak Çözelti	Saklanır / Saklanamaz	Nedeni
Cu	$AlCl_3$	Saklanır	Cu metali alüminyum iyonunu indirgeyemez.
Al	$MgCl_2$	Saklanır	Al metali magnezyum iyonunu indirgeyemez.
Pb	$AlCl_3$	Saklanır	Pb metali alüminyum iyonunu indirgeyemez.
Zn	AgCl	Saklanamaz	Zn metali gümüş iyonunu indirger.
Mg	$FeCl_2$	Saklanamaz	Mg metali demir iyonunu indirger.
Ag	HCl	Saklanır	Ag metali hidrojen iyonunu indirgeyemez.

17. a) Pil gerilimi artar. b) Pil gerilimi azalır. c) Pil gerilimi değişmez.
ç) Pil gerilimi değişmez. d) Pil gerilimi artar. e) Pil gerilimi azalır.

18. a) Olur. $NaI + 1/2Cl_2 \rightarrow NaCl + 1/2I_2$
b) Olmaz.
c) Olur. $NaBr + 1/2Cl_2 \rightarrow NaCl + 1/2Br_2$
ç) Olur. $NaCl + 1/2F_2 \rightarrow NaF + 1/2Cl_2$
d) Olmaz.

19. $E_{hücre} = 0,0296$ V

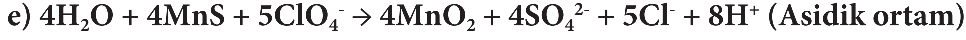

20. a) $3CuO + 2NH_3 \rightarrow 3Cu + N_2 + 3H_2O$

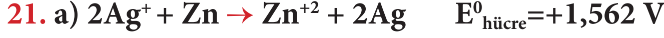

b) $NaClO_3 + 3SO_2 + 3H_2O \rightarrow NaCl + 3H_2SO_4$


c) $3Cu + 8HNO_3 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$


ç) $4H_2O + 3C_2H_4 + 2MnO_4^- \rightarrow 3C_2H_6O_2 + 2MnO_2 + 2OH^-$ (Bazik ortam)


d) $5H^+ + Cr_2O_7^{2-} + 3HNO_2 \rightarrow 2Cr^{3+} + 3NO_3^- + 4H_2O$ (Asidik ortam)


e) $4H_2O + 4MnS + 5ClO_4^- \rightarrow 4MnO_2 + 4SO_4^{2-} + 5Cl^- + 8H^+$ (Asidik ortam)


21. a) $2Ag^+ + Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2Ag$ $E^0_{hücre} = +1,562$ V

b) Dış devrede elektronlar Zn elektrottan Ag elektroda doğru hareket eder. Akım yönü ise Ag elektrottan Zn elektroda doğrudur.


22. a) $E^o_{hücre} = -0,657$ V olduğu için tepkime istemsizdir.


b) $E^o_{hücre} = +0,304$ V olduğu için tepkime istemlidir.


c) $E^o_{hücre} = -0,961$ V olduğu için tepkime istemsizdir.

23. $E^o_{hücre}$ değeri 0,153 V olarak bulunur. Uygulanan gerilim $E^o_{hücre}$ değerinden büyük olduğu için galvanik hücre elektroliz hücresine dönüşür. Ni elektrot anot, Cd elektrot katottur.

C)

24. D	25. B	26. D	27. B	28. C	29. D	30. B	31. E	32. E	33. C	34. E
35. C	36. D	37. C	38. D	39. D	40. E	41. D	42. E	43. B	44. C	45. C
46. B	47. A	48. D	49. D	50. E	51. A	52. A	53. B	54. D	55. E	

2. ÜNİTE

Ünite İçi Alıştırmalar

Sayfa 82

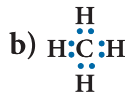
Anorganik, Anorganik, Organik, Organik, Anorganik, Anorganik, Organik, Organik, Anorganik, Organik, Anorganik, Organik

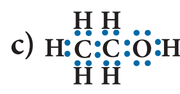
Sayfa 85

1. Basit formül NH_3 Molekül formülü N_2H_6
2. Basit formül C_3H_4 Molekül formülü C_3H_4

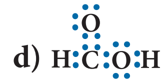
Sayfa 95

a) 

b) 

c) 

ç) 

d) 

Sayfa 104

$H_2O \rightarrow$ merkez atom $O \rightarrow sp^3$
$BH_3 \rightarrow$ merkez atom $B \rightarrow sp^2$
$HCN \rightarrow$ merkez atom $C \rightarrow sp$

Sayfa 105

a) $AX_3 \rightarrow 3A$ $AX_3E \rightarrow 5A$
b) $AX_3 \rightarrow sp^2$ $AX_3E \rightarrow sp^3$

Ölçme ve Değerlendirme Soruları

A)

1. Anorganik bileşikler
2. Üre
3. Basit formül
4. Sigma bağı
5. sp^2
6. Sigma bağı
7. Hibritleşme
8. Grafen
9. Bağlayıcı ya da ortaklanmış elektron çifti
10. Kırık doğru

B)

11.

Bileşik	Ortaklanmış Elektron Sayısı	Ortaklanmamış Elektron Sayısı
C_2H_6	14	-
C_2H_2	10	-
CH_3CHO	14	4
CH_3CH_2Cl	14	6

12.

Molekül	Hibritleşme Türü	Molekül Geometrisi	VSEPR Gösterimi	Molekül Polaritesi
CCl_4	sp^3	Düzgün dörtyüzlü	AX_4	Apolar
CO_2	sp	Doğrusal	AX_2	Apolar
HCN	sp	Doğrusal	AX_2	Polar
PH_3	sp^3	Üçgen piramit	AX_3E	Polar
H_2S	sp^3	Kırık doğru	AX_2E_2	Polar

13. X_4Y_3

14. $C_3H_6N_2O_2$

15. Naylon → Organik
Sönmüş kireç → Anorganik
Çelik → Anorganik
Sirke → Organik
Pas → Anorganik
Şeker → Organik
Petrol → Organik
Kaya tuzu → Anorganik
Kezzap → Anorganik
Mum → Organik

16. C_2H_6

17. Basit formülü: CH_3O, Molekül formülü: $C_2H_6O_2$

18. C_2H_6O

19. Bağ yapımına katılmayan elektronlar, bağdaki diğer elektronları iterek molekül şeklinin kırık doğru olmasını sağlar. Bu da moleküle polar özellik kazandırır.

20. $C_4H_9OH \rightarrow 14\sigma$
$C_4H_8 \rightarrow 11\sigma, 1\pi$
$CH_2O \rightarrow 3\sigma, 1\pi$
$C_5H_8 \rightarrow 12\sigma, 2\pi$

C)

21. B **22.** D **23.** B **24.** E **25.** A **26.** C **27.** D **28.** D **29.** E **30.** E
31. C **32.** A **33.** C **34.** C **35.** D **36.** A **37.** E **38.** C **39.** E **40.** B
41. E **42.** A **43.** D **44.** D **45.** C

3. ÜNİTE

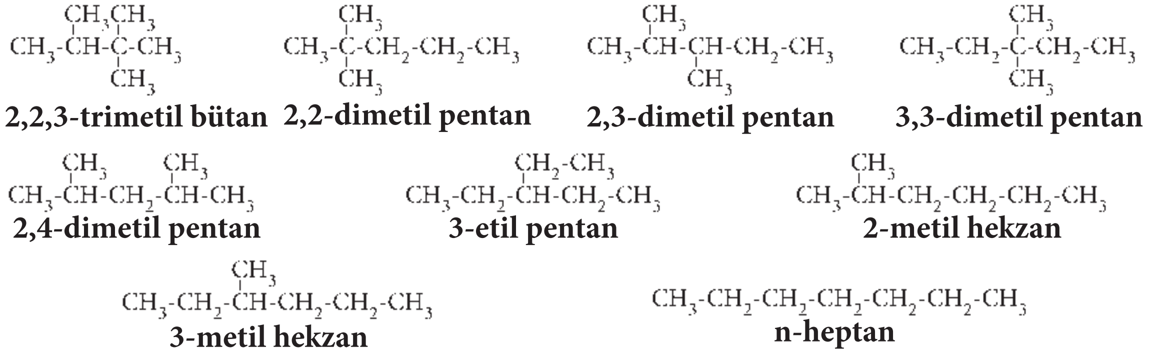
Ünite İçi Alıştırmalar

Sayfa 121

a) 4-etil-2,3,6-trimetil-heptan
b) 2-klor-4-metil pentan
c) 4-izopropil heptan
ç) 1-bromo-2-metil siklohekzan
d) etil siklopentan
e) 3,5-dietil-3,5-dimetil heptan

Sayfa 124

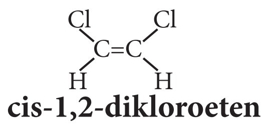
Heptan izomerleri



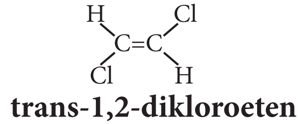
Sayfa 127

a) 3-bromo-2-metil-2-penten
b) 2-metil-1-büten
c) 4-etil-2,3-dimetil-2-hekzen
ç) 4,4-dimetil-siklohekzen
d) 2,3-dikloro-1,3-pentadien
e) 3-etil-5-kloro-5-metil-3-hepten

Sayfa 130



cis-1,2-dikloroeten



trans-1,2-dikloroeten

Sayfa 132

a) 4-metil-1-pentin
b) 3,3-dimetil-1-bütin
c) 3-metil-1-bütin
ç) 4,5-dimetil-1-hekzin
d) 1-siklopropil-1-hekzin

Sayfa 141

a) alkoksi
b) fenil
c) karboksil
ç) karbonil
d) hidroksi
e) amino

Sayfa144

a) primer alkol
b) tersiyer alkol
c) sekonder alkol

Sayfa 147

a) 3-kloro-3-metil-2-pentanol
b) 3-metil-2-penten-1-ol
c) 4-bromo-1,3-pentandiol
ç) 2-metil-2-bütanol
d) 2,4,5-trimetil-3-hekzanol
e) 2-metil-1,4-bütandiol

Sayfa 149

a) CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-OH
b) CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH(OH)-CH_3
c) CH_3-C(OH)(CH_3)-CH_2-CH_2-CH_3

Kaynama noktaları sıralaması: a > b > c

Sayfa 153

Etandiol

Sayfa 156

a) 2-etoksi-3-klor bütan
b) 1-etoksi-2,2-dimetil propan
c) 2-metoksi-2-metil propan
ç) metoksi siklopentan
d) 3-etoksi-2-kloro-pentan
e) fenoksi benzen (difenil eter)

Sayfa 159

a) Fonksiyonel grup izomeri değildir.
b) Fonksiyonel grup izomeridir.

Sayfa 163

a) 4-pentenal
b) 4,4-dimetil-2-hekzanon
c) 4-hidroksi-2-pentanon
ç) 2-etil-3-metil-pentanal
d) 2-pentanon

Sayfa 166

1. C_3H_6O propanal
2. 0,3 mol

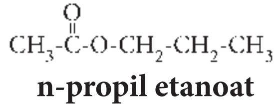
Sayfa 170

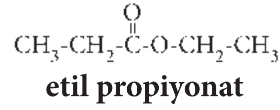
a) 2-metil propanoik asit
b) 2,3-dimetil bütanoik asit
c) 2-brom bütanoik asit
ç) 2-hidroksi bütanoik asit
d) 2-kloro-3,5-dimetil-2-hekzenoik asit

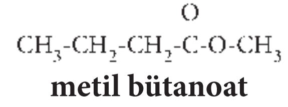
Sayfa 176

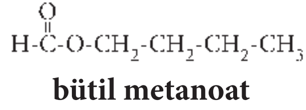
1. a) tersiyer bütil bütanoat
b) izopropil metanoat
c) n-propil benzoat
ç) n-bütil propanoat

Sayfa 177


n-propil etanoat


etil propiyonat


metil bütanoat


bütil metanoat

Ölçme ve Değerlendirme Soruları

A)

1. Sikloalkan
2. Polimerleşme
3. π bağı
4. Naftalin
5. Gliserin
6. Simetrik eter
7. Formaldehit
8. Aldehit
9. Sabun
10. İç alkin

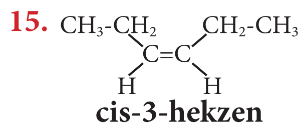
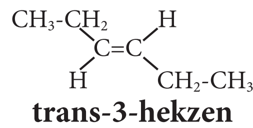
B)

11. C_4H_{10}

12. $(CF_2{=}CF_2)$ $(CHCl{=}CH_2)$

13. 3 karbon atomu içerir.

14. a) cis 2-büten trans 2-büten
    b) Bileşiklerin kaynama noktalarına bakılır. Cis 2-büten az da olsa polar özellikte olduğu için bu bileşiğin kaynama noktası trans-2-bütene göre yüksektir.

15. 
cis-3-hekzen

trans-3-hekzen

16. 22,4 litre

17. C_3H_4

18. C_4H_8O

19. 4 Karbonlu

20. 87 gram

21. a > c > b > ç
CH_3COOH dimerleşmeden dolayı birden fazla H bağı yapar.
CH_3CH_2-OH bir H bağı yapar.
CH_3-O-CH_3 dipol-dipol etkileşimi yapar.
C_2H_6 London etkileşimi yapar.

22. 102 g/mol

23. a) Asetilen b) Alkol c) Ester ç) Karboksilik asit
d) Etil alkol e) Sabun f) Yağlar

24. a) alken b) sikloalkan c) uç alkin ç) siklo alken
d) alkol e) eter f) aldehit g) keton
ğ) karboksilik asit h) ester

25. a) Keton b) Alken c) Ester ç) Amin d) Aldehit
e) Alkin f) Karboksilik asit g) Alkol ğ) Eter h) Alkan
ı) Aromatik hidrokarbon i) Nitroalkan

26. a) 4-bromo-2,3-dimetil pentanoik asit
b) 4-metil-4-penten-2-ol
c) 2,2,8-trimetil-4,6-nonandiol
ç) 3,3-dimetil bütanal
d) n-propil metanoat
e) 3,5-dimetil-2-hekzanol
f) 1,4-difenil bütanon
g) 2,2,4,4-tetrametil pentan
ğ) 3-metoksi pentan
h) 1,3,3-trikloro-1-bütin
ı) 3,4-dimetil-3-hekzen
i) 4-kloro-2,4-dimetil hekzan

C)

27. C 28. D 29. D 30. D 31. A 32. B 33. C 34. E 35. D 36. E 37. B
38. A 39. C 40. A 41. E 42. B 43. D 44. B 45. E 46. B 47. E 48. D
49. A 50. B 51. A 52. E 53. D 54. A 55. C 56. D 57. D 58. B 59. E
60. D 61. A 62. A 63. E 64. A 65. C 66. A

4. ÜNİTE

Ölçme ve Değerlendirme Soruları

A)

1. Tükenebilir enerji
2. Kömür
3. Fiziksel değişim
4. Metan
5. Yanma ısısı
6. Yenilenebilir enerji
7. Jeotermal enerji
8. Biyokütle
9. Sodyum borhidrür
10. Sürdürülebilirlik

B)

11. Güneş'ten gelen ışınların büyük bir bölümü Dünya yüzeyinden geri yansırdı. Ortalama sıcaklığı şimdi olduğundan daha soğuk olurdu.

12. 24 litre CO_2

13. 1 gram CH_4 bileşiğinden açığa çıkan ısı daha fazla ve salınan CO_2 emisyonu daha az olduğu için doğal gaz daha avantajlı bir yakıttır.

14. Tükenebilir ve sınırlıdır. Çevre kirliliğine yol açar. Asit yağmurlarına neden olur. Sera gazlarının salınımını artırır. Sağlığa zararlıdır.

15. Göl ve akarsularda asit dengesini bozarak tüm canlıları etkiler. Ormanları tahrip eder. Ağaç yapraklarında büyüme ve gelişmeyi engeller. Toprak yapısını bozar. Taşınmaz kültür varlıklarını olumsuz etkiler.

16. *Avantajları:* Nanomalzemeler, boyuta bağlı olarak üstün ve yeni özellikler sergiler. Bu sayede daha sağlam, kaliteli, uzun ömürlü, ucuz, hafif ve küçük cihazlar geliştirmek mümkündür.
   Dezavantajları: İyi bilinen materyaller bile nanoboyuta indirgendiğinde tehlike doğurabilir ve insan sağlığına zarar verebilir.

17. a) Benzinin yanması sırasında atmosfere 78 mg/kJ CO_2 salınırken aynı miktar biyoetanolün yanması sırasında 59 mg/kJ'lük CO_2 salınır. Bu nedenle biyoyakıt kullanımı, CO_2 salınımını fosil yakıtlar kadar artırmaz.
   b) Aynı miktar benzin ve biyoetanol yakıldığında benzinin açığa çıkardığı enerji daha fazladır. Bu nedenle benzin tercih edilebilir.

18. Aynı yere daha kısa sürede ve daha az yakıtla ulaşılır. Sera gazı salınımı daha az olur.

19. 31,5 kg

C)

20. D	21. C	22. C	23. C	24. E	25. E	26. D
27. E	28. A	29. B	30. A	31. D	32. C	33. D
34. E	35. C	36. D	37. D	38. B	39. C	40. E
41. A	42. D	43. C	44. E	45. D	46. C	47. B

SÖZLÜK

A

agar : Su yosunlarından elde edilen, bileşiminde çok sayıda değişik asidik polisakkarit bulunan hidrofilik, sarı renkli, bakteriyolojik kültür vasatlarının hazırlanmasında kullanılan bir madde.

antimikrobiyal madde : Mikroorganizmaların ölümüne neden olan, çoğalmalarını önleyen veya gelişmelerini durduran madde.

apolar : Elektrik dipol momenti sıfır olan molekül.

B

batarya : Elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depolayan, istendiğinde bunu elektrik enerjisine çeviren cihaz.

D

dezenfektan : Cansız ortamdaki patojen mikroorganizmaların öldürülmesi veya üremelerinin durdurulması amacıyla kullanılan kimyasal maddeler.

E

emisyon : Gaz ya da gaz ve partikül karışımlarının atmosfere verilmesi.

enol : Üzerinde hidroksi grubu bulunan karbon atomunun komşu karbon atomuna çift bağ ile bağlanması sonucu oluşan yapı.

erime noktası : Katı saf bir maddenin katı hâlden tamamen sıvı hâle geçtiği sıcaklık.

F

fotokimyasal olay : Işığın etkisiyle meydana gelen kimyasal olay.

fisyon : Ağır bir radyoaktif izotop çekirdeğinin nötron, proton vb. bir parçacıkla bombardıman edilerek kütle numaraları birbirine yakın iki ayrı çekirdeğe dönüştürülmesi olayıdır.

füzyon : Hafif çekirdeklerin (^{1}H,^{2}D,^{3}He vb) çok yüksek basınçta ve yüksek sıcaklıklarda kaynaşıp ağır çekirdeklere dönüşürken dışarıya bol ısı yaymasıdır.

G

geometrik izomer : Atomlarının uzaysal konumu farklı olan steroizomerler.

H

halojen : Periyodik cetvelin 7A grubunda bulunan elementler.

hidrofil : Bir bileşiğin suya eğilimi olan grubu.

hidrofob : Bir bileşiğin suyla yeterince reaksiyona girmeyen, suda az çözünen veya hiç çözünmeyen grubu.

hidroliz : Bir maddenin su ile tepkimeye girerek daha küçük yapıda bileşikler oluşturması.

İ

iyon : Atomun elektron alması ya da vermesi ile oluşan yüklü tanecik.

J

jeneratör : Mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren alternatör ve motordan meydana gelen makineler.

K

katalizör : Reaksiyonu hızlandıran fakat reaksiyon sırasında harcanmayan madde.

kimberlit : Elmas oluşumunun gerçekleştiği koyu renkli volkanik bir kayaç.

kovalent bağ : İki atom arasında bir veya daha fazla elektron çiftinin ortaklaşa kullanılmasıyla oluşan bağ.

L

Lewis simgesi : Bir elementin değerlik elektronlarının atomun simgesi etrafında noktalarla gösterilmesi.

London kuvvetleri : Apolar tanecikler arasında etkili olan zayıf etkileşim türü.

M

membran : Zar, hücre zarı.

mineral : Doğal şekilde oluşan, homojen, belirli kimyasal bileşime sahip, inorganik ve kristalleşmiş katı madde.

N

nükleik asit : Nükleotitlerin kondenzasyonu sonucu oluşan ve organizmanın genetik bilgilerinin depolandığı polimer.

O

orbital : Elektronun bulunma olasılığının en yüksek olduğu bölge.

P

peroksit : Oksijenin -1 yükseltgenme basamağına sahip olduğu bileşiklere verilen ad.

pigment : Eklendiği maddeye rengini verme özelliği olan, suda veya organik çözücülerde çözünmeyen doğal yada yapay madde.

polar : Elektrik dipol momenti sıfır olmayan molekül.

R

radikal : Eşleşmemiş bir elektronu bulunan atom, molekül ya da iyonlara verilen ad.

rafinasyon : Bir maddenin üretilmesi aşamasında istenmeyen maddelerin uzaklaştırılması işlemi.

reseptör : Çeşitli uyarıları alabilen ve duyu organlarının yapısında bulunan özelleşmiş hücre, hücre grupları veya sinir uçları.

rodopsin : Gözde bulunan ve karanlıkta görmeyi sağlayan protein.

S

sübstitüsyon : Bir moleküldeki atomun yerine bir başka atom ya da atom grubunun geçtiği tepkime.

T

tautomer : İkili bağ elektronunun hidrojen atomuyla yer değiştirmesidir.

top çubuk modeli : Bağ yapan atomların toplarla, bağların çubuklarla gösterildiği molekül modeli.

V

VSEPR modeli : Elektron çiftlerinin birbirini itme gerçeğini kullanarak molekül biçimlerinin nasıl olması gerektiğini tahmin eden model.

DİZİN

KAYNAKÇA

ALPAYDIN, S., ŞİMŞEK, A. (2014). **Genel Kimya (Cilt 1)**. Konya: Eğitim Yayınevi.
ATEŞ, H., BAHÇECİ, E. (2015). **Nanomalzemeler için Üretim Malzemeleri**. Gazi Üniversitesi FenBilimleri Dergisi, Part:C (3/2), 483-499.
ATKINS, P., JONES, L. (1998). **Temel Kimya 1**. (E. KILIÇ, F. KÖSEOĞLU, H. YILMAZ, Çev.) Ankara: Bilim Yayıncılık.
ATKINS, P., JONES, L. (2013). **Genel Kimya İlkeleri ve İçyüzünü Kavrama**. (A. R. TÜRKER, Çev.) Ankara: Palme Yayıncılık.
ATKINS, R. C., CAREY, F. A. (2009). **Organik Kimya Kısa ve Öz**. Ankara: Bilim Yayınları.
ATMACA, H., SEVİM, İ. (2005). **Borun Otomobil Yakıtı Olarak Kullanılması. 3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**. Mersin.
BAĞ, H. (2009). **Genel Kimya 1**. Ankara: PEGEM Yayıncılık.
BAĞ, H. (2010). **Genel Kimya 2**. Ankara: PEGEM Yayıncılık.
BAĞ, H., TOPAL, G. (2007). **Genel Kimya 4**. Ankara: PEGEM YAYINCILIK.
BATI, O. (2014). **Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sürdürülebilir Kalkınmaya Etkisi Konusunda Bir Alan Araştırması**. Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 16 (2).
BAYKALIR, K. (2002). **Enerji Kullanımı ve Sağlık.** Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı Bitirme Tezi.
Bilim ve Teknik Dergisi (355). (1997, Haziran).
CELEP, Ş., KOÇ, E. (2008). **Nanoteknoloji ve Tekstilde Uygulama Alanları**. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (43), 17-7.
COTTERILL, R. (1985). **The Cambridge Guide to the Material World**. Cambridge: Cambridge University Press.
DENKBAŞ, E. B. (2015). **Nanoteknoloji**. Bilişimsel Dergisi (172).
ERÖZTÜRK, B. (2004). **Cep Telefonu Pillerinin Asidik Ortamda Çözündürülerek Metal Miktarlarının Tespiti ve Hidroksitleri Şeklinde Çöktürülmesi**. İstanbul Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
GÜLER, H., SARAYLIN, D., ULUSOY, U. (1966). **Genel Kimya Laboratuvarı**. Ankara: Hatiboğlu Yayınevi.
HAYTA, U. (2010). **Linyit-Bitümlü Şist Karışımlarının Pirolizi**. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
HAZER, B. (1997). **Genel Kimya**. Trabzon: Akademi Ltd. Şti.
HERRING, P., BISSONNETTE, M. (2013). **Genel Kimya İlkeleri ve Modern Uygulamalar**. (T. UYAR, S. AKSOY, R. İNAM, Çev.) Ankara: Palme Yayıncılık.
İŞERİ, E., ÖZEN, C. (2012). **Türkiye'de Sürdürülebilir Enerji Politikaları Kapsamında Nükleer Enerji Konumu**. İÜ Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi (47), 161-180.
JENSEN, W. B. (2015). **Classıc Voltaıc Cells**. Oesper Collections University of Cincinnati.
LSTRYER, N. (1975). **Biochemistry**. San Francisko.
MORTİMER, C. E. (1993). **Modern Üniversite Kimyası**. (T. ALTUNATA, Çev.) İstanbul: Çağlayan Kitabevi.
NAKİBOĞLU, C. (2016). **Genel Kimya**. Ankara: Anı Yayıncılık.
NAKİBOĞLU, C. (2016). **Genel Kimya 1**. Ankara: Anı Yayıyncılık.
NAKİBOĞLU, C. (2016). **Genel Kimya 3 Analitik Kimya**. Ankara: Anı Yayıncılık.
ONAT, T. (2006). **Biyokimyaya Giriş**. Ankara: Palme Yayıncılık.
Ortaöğretim Fen Lisesi Kimya Dersi (9, 10, 11 ve 12. Sınıflar) Öğretim Programı, Milli Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, Ankara, 2018.
ÖKTEM, B., AYBOĞA, H. (2015). **Ürün Yaşam Seyrinde Geri Dönüşümün Öneminin Teorik Çerçevede İncelenmesi**. Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi, 11(44).
ÖLMEZ, H., YILMAZ, V. (2010). **Anorganik Kimya Temel Kavramlar**. Bursa: MKM Yayıncılık.

ÖZÇAN, M. (1993). **Modern Temel Kimya Laboratuvarı**. Diyarbakır: Dicle Üniversitesi Matbaası.
ÖZDEMİR, E. (2006). **Çevre Sorunlarının Ekonomik Niteliği Bağlamında Dışsallıkların Ortadan Kaldırılması (Orman Kaynaklarının Dışsal Faydalarının İçselleştirilmesi)**. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi.
ÖZTÜRK, U. (2016). **Oto Boya Sektörü Çalışanlarının Toluen ve Benzen Maruziyet Düzeyinin Araştırılması**. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü (İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi).
RICHARDSON, T. (2009). **Shreir's Corrosion** . Elsevier Science.
SIENKO, M., PLANE, R. (1983). **Temel Kimya**. Ankara: Savaş Yayınları.
SOLOMONS, G., FRYHLE, C. (2010). **Organik Kimya**. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
SPECTOR, C., MONTGOMERY, C. (2000). **Biyokimya Olgu Sunumlu Yaklaşım**. (N. ALTAN, Çev.) Ankara: Palme Yayıncılık.
SÜMENGEN, D. (1990). **Organik Kimya**. İstanbul: Matbaa Teknisyenleri Yayın Evi.
SÜRENGİL, G., KILINÇ, B. (2011). **Gıda-Ambalaj Sektöründe Nanoteknolojik Uygulamalar ve Su Ürünleri Açısından Önemi**. Journal of Fisheries Sciences (5/4), 317-325.
SÜZER, Ş. (2006, Aralık). **Türkiye'de Nanoteknoloji**. Bilim Teknik Dergisi.
Tarım İstatislikleri, Sorularla Resmî İstatistikler Dizisi-5. (2008, Haziran). Türkiye İstatistik Kurumu.
TOON, F., ELLİS, G. I. (1986). **Foundations of Chemistry**. İstanbul: Taş Kitap Yayıncılık.
TRO, N. J. (2016). **Genel Kimya Moleküler Bir Yaklaşımla Kimyanın İlkeleri**. (E. KÖKSAL, A. DENİZLİ, Çev.) İstanbul: Nobel Akademi Yayıncılık.
Türkçe Sözlük. (2012). Ankara: TDK Yayınları.
ÜNERİ, S. (1988). **Elektrokimya Cilt 1**. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları.
YALÇIN, H., GÜRÜ, M. (2010). **Elektrokimya ve Uygulamaları**. Ankara: Palme Yayıncılık.
Yazım Kılavuzu. (2012). Ankara: TDK Yayınları.

GENEL AĞ ADRESLERİ

https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/14825/mod_resource/content/0/Hafta_13%20Elektroliz.pdf (Erişim Tarihi: 19.08.2017, Saat: 10.42)
http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/78369/31389/korozyon_ders_notu.pdf (Erişim Tarihi: 23.08.2017, Saat: 10.43)
http://www.kmyocorrosionlab.duzce.edu.tr/Dokumanlar/KOROZYON%20ve%20KATODİK%20KORUMA.pdf (Erişim Tarihi: 23.08.2017, Saat: 10.45)
http://www.gtu.edu.tr/Files/UserFiles/92/Genel_Kimya_Lab_II_Deney_Foyu.pdf (Erişim Tarihi: 23.08.2017, Saat: 10.47)
http://www.food-info.net/tr/colour/enzymaticbrowning.htm (Erişim Tarihi: 03.09.2017, Saat: 12.00)
aves.erciyes.edu.tr/ImageOfByte.aspx?Resim=8&SSNO=2&USER=7395 (Erişim Tarihi: 03.09.2017, Saat: 11.17)
http://w3.gazi.edu.tr/~bayindir/D4.pdf (Erişim Tarihi: 04.09.2017, Saat: 14.20)
http://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/elazig/kulturatlasi/kalaycilik (Erişim Tarihi: 04.09.2017, Saat: 16.00)
http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/elektrikli-yilan-baligi-nasil-elektrik-uretir (Erişim Tarihi: 06.09.2017, Saat: 13.50)
http://metalurji.kocaeli.edu.tr/files/DersNotlari/mmt309-051.pdf (Erişim Tarihi: 14.09.2017, Saat: 11.20)
http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/36743/49855/bölüm_11_fe-çeliğin_cu_ni_cd_zn_kaplanması.pdf (Erişim Tarihi: 14.09.2017, Saat:11.20)

https://kurious.ku.edu.tr/tr/makaleler/bir-koku-aldiniz-mi-siz-de (Erişim Tarihi: 17.09.2017, Saat: 11.23)
http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/78030/43586/ders_3-1._hibritle%C5%9Fme.docx (Erişim Tarihi: 20.09.2017, Saat: 12.10)
http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyoetanol.aspx (Erişim Tarihi: 12.10.2017, Saat: 11.21)
http://eng.ege.edu.tr/~otles/foodwaste-fruit.tripod.com/id2.html (Erişim Tarihi: 12.10.2017, Saat: 11.30)
http://docs.neu.edu.tr/staff/asli.aykac/g%C3%B6rmenin%20biyofizi%C4%9Fi_87.pdf (Erişim Tarihi: 20.10.2017, Saat: 12.00)
http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/elektrikli-otomobillerin-bataryalari-yakin-gelecekte-gunes-enerjisiyle-doldurulabilir (Erişim Tarihi: 17.11.2017, Saat: 12.15)
http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/fosil-yakitlar-karbon-14-tarihlendirme-yonteminin-guvenilirligini-azaltiyor (Erişim Tarihi: 17.11.2017, Saat: 16.10)
http://www.mku.edu.tr/files/1066-cfcb9a14-83f2-4a77-9603-631ed45e5cdb.doc (Erişim Tarihi: 17.11.2017, Saat: 11.23)
http://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/karbon-nanotupler (Erişim Tarihi: 30.11.2017, Saat: 11.24)
https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/1006/mod_resource/content/1/10.Lipid.pdf (Erişim Tarihi: 30.11.2017, Saat: 15.59)
http://eng.harran.edu.tr/~ccetiner/biyokutle_enerjisi_6.pdf (Erişim Tarihi: 30.11.2017, Saat: 16.02)
https://www.ohu.edu.tr/drv-team/sayfa/prof-dr-turhan-nejat-veziroglu (Erişim Tarihi: 30.11.2017, Saat: 16.04)
http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fSayfalar%2fRadyoaktif+at%C4%B1k+bilgilendirme+kitap%C3%A7%C4%B1%C4%9F%C4%B1.pdfBilim ve teknik dergisi ağustos 2005 sayısı Türkiye de nanoteknoloji (Erişim Tarihi: 30.11.2017, Saat: 16.15)
www.taek.gov.tr (Erişim Tarihi: 30.11.2017, Saat: 16.30)
https://journal.yasar.edu.tr/wp-content/uploads/2012/11/vol_3_no_12_ecehan_oz (Erişim Tarihi: 30.11.2017, Saat: 22.35)
http://fef.aku.edu.tr/wp-content/uploads/sites/55/2016/10/CEVRE-KİRLİLİĞİ-VE-GERİ-DÖNÜŞÜM.pptx (Erişim Tarihi: 30.11.2017, Saat: 22.30)
http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/OTL%20NAYLON%20PLASTIK%20VE%20POLIMER%20ATIKLARIN%20GERI%20KAZANIMI.pdf (Erişim Tarihi: 30.11.2017, Saat: 23.45)
http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/12/20141230M1-12-1.pdf (Erişim Tarihi: 30.11.2017, Saat: 23.05)
https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/1063/mod_resource/content/1/4.%20Alkenler%20ve%20Polimerleri.pdf (Erişim Tarihi: 01.12.2017, Saat: 23.15)
http://eng.harran.edu.tr/~hbulut/HBULUT_enerjiGenel.pdf (Erişim Tarihi: 01.12.2017, Saat: 00.20) (Erişim Tarihi: 01.12.2017, Saat: 00.15)
http://www.yildiz.edu.tr/~kvarinca/Dosyalar/Yayinlar/yayin006.pdf (Erişim Tarihi: 01.12.2017, Saat: 00.25)
http://www.farmasotikkimya.ege.edu.tr/LGIY.htm (Erişim Tarihi: 02.12.2017, Saat: 00.40)
https://www.ck12.org/c/chemistry/electron-dot-diagrams/rwa/A-Simple-Code/ (Erişim Tarihi: 03.12.2017, Saat: 12.40)
http://www.boren.gov.tr/tr/bor/kullanim-alanlari/enerji (Erişim Tarihi: 10.01.2018, Saat: 12.40)
http://www.eie.gov.tr/teknoloji/h_enerjisi.aspx (Erişim Tarihi: 10.01.2018, Saat: 12.40)
https://ncc.metu.edu.tr/tr/announcement/kampus-disiplinler-arasi-arastirmalar-umut-oguz (Erişim Tarihi: 11.01.2018, Saat: 12.40)
http://pisa.meb.gov.tr/wp-content/uploads/2015/02/pisa-ornek-sorular-fen.pdf (Erişim Tarihi: 11.01.2018, Saat: 12.40)

GÖRSEL KAYNAKÇA

1. Ünite

Kapak	dreamstime _xxl_92503877
Görsel 1.1	dreamstime_xl_29855691
Görsel 1.2	dreamstime_xxl_24670393
Görsel 1.3	Görsel Uzmanı
Görsel 1.4	Görsel Uzmanı
Görsel 1.5	dreamstime_xxl_24670393
Görsel 1.6	Görsel Uzmanı
Görsel 1.7	dreamstime_xxl_38201618
Görsel 1.8	dreamstime_xl_69675374
Görsel 1.9	dreamstime_xxl_62883130
Görsel 1.10	Görsel Uzmanı
Görsel 1.11	Görsel Uzmanı
Görsel 1.12	Görsel Uzmanı
Görsel 1.13	Görsel Uzmanı
Görsel 1.14	Görsel Uzmanı
Görsel 1.15	dreamstime_xxl_63786261
Görsel 1.16	Görsel Uzmanı
Görsel 1.17	Görsel Uzmanı
Görsel 1.18	Görsel Uzmanı
Görsel 1.19	Görsel Uzmanı
Görsel 1.20	Görsel Uzmanı
Görsel 1.21	Görsel Uzmanı
Görsel 1.22	Görsel Uzmanı
Görsel 1.23	dreamstime_xxl_9769390
Görsel 1.24	Görsel Uzmanı
Görsel 1.25	dreamstime_xxl_27443721
Görsel 1.26	dreamstime_xxl_41840396
Görsel 1.27	Görsel Uzmanı
Görsel 1.28	Görsel Uzmanı
Görsel 1.29	Görsel Uzmanı
Görsel 1.30	Görsel Uzmanı
Görsel 1.31	Görsel Uzmanı
Görsel 1.32	dreamstime_xl_22961678
Görsel 1.33	Görsel Uzmanı
Görsel 1.34	www.kulturportali.gov.tr
Görsel 1.35	Görsel Uzmanı
Görsel 1.36	dreamstime_xxl_69372871
Görsel 1.37	dreamstime_xxl_76312796
Görsel 1.38	dreamstime_xxl_87976633
Görsel 1.39	Görsel Uzmanı
Görsel 1.40	dreamstime_xxl_28188768
Görsel 1.41	Görsel Uzmanı

2. Ünite

Kapak	Görsel Uzmanı
Görsel 2.1	Görsel Uzmanı
Görsel 2.2	dreamstime_xxl_48906716
Görsel 2.3	arge.erdogan.edu.tr
Görsel 2.4	Görsel Uzmanı
Görsel 2.5	Görsel Uzmanı
Görsel 2.6	Görsel Uzmanı
Görsel 2.7	Görsel Uzmanı
Görsel 2.8	Görsel Uzmanı
Görsel 2.9	Görsel Uzmanı
Görsel 2.10	Görsel Uzmanı
Görsel 2.11	Görsel Uzmanı
Görsel 2.12	Görsel Uzmanı
Görsel 2.13	Görsel Uzmanı
Görsel 2.14	dreamstime_xxl_28102740
Görsel 2.15	Görsel Uzmanı
Görsel 2.16	Görsel Uzmanı
Görsel 2.17	Görsel Uzmanı
Görsel 2.18	Görsel Uzmanı
Görsel 2.19	Görsel Uzmanı
Görsel 2.20	Görsel Uzmanı
Görsel 2.21	Görsel Uzmanı
Görsel 2.22	Görsel Uzmanı
Görsel 2.23	Görsel Uzmanı
Görsel 2.24	Görsel Uzmanı
Görsel 2.25	Görsel Uzmanı
Görsel 2.26	Görsel Uzmanı
Görsel 2.27	Görsel Uzmanı

3. Ünite

Kapak	Görsel Uzmanı
Görsel 3.1	Görsel Uzmanı
Görsel 3.2	dreamstime_l_81487628
Görsel 3.3	dreamstime_xl_36146053
Görsel 3.4	Görsel Uzmanı
Görsel 3.5	Görsel Uzmanı
Görsel 3.6	dreamstime_l_24563097
Görsel 3.7	dreamstime_xxl_38452419
Görsel 3.8	dreamstime_xxl_36857075
Görsel 3.9	dreamstime_xl_29778153
Görsel 3.10	dreamstime_xl_92354964
Görsel 3.11	dreamstime_xl_27150859.jpg
Görsel 3.12	Görsel Uzmanı
Görsel 3.13	dreamstime_xl_37770269
Görsel 3.14	dreamstime_l_46180746
Görsel 3.15	dreamstime_xxl_95414123
Görsel 3.16	Görsel Uzmanı
Görsel 3.17	Görsel Uzmanı
Görsel 3.18	Görsel Uzmanı
Görsel 3.19	Görsel Uzmanı
Görsel 3.20	dreamstime_xl_42690601
Görsel 3.21	dreamstime_xl_78839300
Görsel 3.22	dreamstime_xxl_24201226
Görsel 3.23	dreamstime_xl_13695660
Görsel 3.24	dreamstime_xxl_13072934
Görsel 3.25	Görsel Uzmanı
Görsel 3.26	Görsel Uzmanı
Görsel 3.27	dreamstime_xl_77701575
Görsel 3.28	Görsel Uzmanı

4. Ünite

Kapak	dreamstime_xl_29017500
Görsel 4.1	dreamstime_xxl_93431405
Görsel 4.2	dreamstime_33394136
Görsel 4.3	dreamstime_xl_19458405, 54574045, 52042128
Görsel 4.4	shutterstock_157380455
Görsel 4.5	Görsel Uzmanı
Görsel 4.6	dreamstime_l_97284395
Görsel 4.7	dreamstime_xl_92271961
Görsel 4.8	dreamstime_xl_17474796
Görsel 4.9	Görsel Uzmanı
Görsel 4.10	Görsel Uzmanı
Görsel 4.11	Görsel Uzmanı
Görsel 4.12	shutterstock_334258334
Görsel 4.13	dreamstime_xxl_36758513
Görsel 4.14	shutterstock_550302403
Görsel 4.15	shutterstock_640413589
Görsel 4.16	shutterstock_666644311edited
Görsel 4.17	shutterstock_667734940
Görsel 4.18	shutterstock_633743513
Görsel 4.19	shutterstock_272111411
Görsel 4.20	Görsel Uzmanı
Görsel 4.21	shutterstock_181143653

Karekod Uzantıları

Sayfa 32: http://ders.eba.gov.tr/redirectContent.jsp?loId=a8b8320fe60465d1cc659399bc30bb48@
Sayfa 48: http://gencgonulluler.gov.tr
Sayfa 106: https://phet.colorado.edu/en/simulation/molecule-shapes
Sayfa 140: http://ders.eba.gov.tr/redirectContent.jsp?loId=f497f9b410b575c0af4fc2db455974b1@
Sayfa 199: http://ders.eba.gov.tr/redirectContent.jsp?loId=d34f2d72c419bb959d488e41f3a8520a@
Sayfa 207: http://ders.eba.gov.tr/redirectContent.jsp?loId=38cf111919775437f8cac6a976916ae2@
Sayfa 213: http://ders.eba.gov.tr/redirectContent.jsp?loId=3dc19a79dd8faaeab1c855af41af085f@